

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ARTHUR MATTOSO DE OLIVEIRA  
BRUNO TANHOLE DE LIMA COLODEL

**BUILD THE FUTURE – GRAVITY DAMS: APLICATIVO MOBILE PARA  
ENSINO DE ESTABILIDADE DE BARRAGENS**

CURITIBA

2021

ARTHUR MATTOSO DE OLIVEIRA  
BRUNO TANHOLE DE LIMA COLODEL

**BUILD THE FUTURE – GRAVITY DAMS: APLICATIVO MOBILE PARA  
ENSINO DE ESTABILIDADE DE BARRAGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Setor de Educação Profissional e Tecnológica da  
Universidade Federal do Paraná, como parte dos  
requisitos para obtenção do Título de Tecnólogo em  
Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Msc. Andreia de Jesus

CURITIBA

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

**TERMO DE APROVAÇÃO**

ARTHUR MATTOSO DE OLIVEIRA

BRUNO TANHOLE DE LIMA COLODEL

**BUILD THE FUTURE – GRAVITY DAMS: APLICATIVO MOBILE PARA ENSINO DE ESTABILIDADE DE BARRAGENS**

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, do Setor de Educação Profissional e Tecnológica da Universidade Federal do Paraná.

Profa. Msc. Andreia de Jesus

Orientadora – SEPT/UFPR

Prof. Dr. Alexander Robert Kutzke

SEPT/UFPR

Prof. Dr. Jaime Wojciechowski

SEPT/UFPR

Prof. Dr. Daniel Henrique Marco Detzel

DHS/UFPR

Curitiba, 09 de julho de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **ANDREIA DE JESUS, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/07/2021, às 20:36, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **JAIME WOJCIECHOWSKI, VICE-DIRETOR(A) DO SETOR DE EDUCACAO PROFISSIONAL E TECNOLOGICA**, em 10/07/2021, às 05:31, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **ALEXANDER ROBERT KUTZKE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/07/2021, às 14:18, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **DANIEL HENRIQUE MARCO DETZEL, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/07/2021, às 14:32, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **3633453** e o código CRC **515964B3**.

Referência: Processo nº 23075.034539/2021-27

SEI nº 3633453

## **AGRADECIMENTOS**

A Willian de Lima Miyamoto, pela criação de todas artes e animações 2D e 3D, inclusive da mascote Dandan;

A Paulo Eduardo Grigonis Tedesco da Silva, pela participação na avaliação do software como analista de TI;

Aos professores André Fabiani e Daniel Detzel, do departamento de Hidráulica e Saneamento da UFPR, por disponibilizarem tempo para entrevista e avaliação do software educativo;

A professora Andreia de Jesus, nossa orientadora, por acatar nossa sugestão de tema de TCC, bem como pelo aprimoramento da ideia inicial e transformá-lo num software educativo;

A Victor Franchi Zeclhynski, pela ajuda no desenvolvimento da ideia inicial ainda em 2015.

## **RESUMO**

O desempenho dos cursos de Engenharia Civil nos exames de avaliação nacionais, de forma geral, não é satisfatório, e abre espaço para discussão sobre formas de facilitar a assimilação do conteúdo por parte dos alunos. O uso de novas tecnologias no ensino, como a introdução de softwares de cálculo e simulação, vem para auxiliar no atendimento a esta demanda. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta um software educativo para dispositivos móveis, utilizando o construtivismo de Piaget, a ser utilizado pelos docentes de engenharia civil no ensino do tópico barragens à gravidade. Em especial, o software educativo foca no ensino do cálculo da estabilidade de seções unitárias, de grande valia para o projeto preliminar de uma barragem. Foi implementada uma estrutura de módulos para aprendizado, contendo capítulos conceituais, para leitura de conteúdo teórico diretamente no software educativo, e capítulos de cálculo e simulação. Também foi possível avaliar o software na visão de um professor especialista na área, para validação do conteúdo teórico, e na visão de um analista de TI, para validação do software em si. Foi obtida uma boa avaliação nas duas categorias.

Palavras-chave: Android, Java, Barragens a gravidade, Estabilidade de seção unitária.

## **ABSTRACT**

Civil Engineering courses, in general, tend to perform poorly on the national evaluation exams, suggesting room for discussion about ways to ease the difficulty in learning for the students. The use of new technologies in teaching, like the introduction of calculation and simulation software, come to meet that demand. In this sense, this work presents an educational software for mobile devices, under Piaget's constructivism theory, to be used by engineering teachers in classes about Gravity Dams. In special, the software focus on teaching the stability calculation of a unitary section of a dam, a fundamental step in dam projects. A structure of learning chapters was implemented, containing both conceptual chapters, dedicated to reading the learning subjects directly on the software, and calculation and simulation chapters. It was also possible to evaluate the software under the analysis of a specialist professor, to validate the learning content, and an IT professional to validate the software structure per se. A good evaluation on both topics was achieved.

**Keywords:** Android, Java, Gravity dams, Stability of unitary section

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - SEÇÕES COMUNS DE BARRAGENS À GRAVIDADE .....	15
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS .....	17
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS QUANDO HÁ ABERTURA DE FISSURA. ....	22
FIGURA 4 – CLASSIFICAÇÃO DE SOFTWARES EDUCATIVOS .....	25
FIGURA 5 – SOFTWARE PRO/II.....	32
FIGURA 6 – SOFTWARE CRIADO COM AUXÍLIO DO MATLAB.....	32
FIGURA 7 – FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO .....	33
FIGURA 8 – ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DE MODELO DE SIMULAÇÃO DIDÁTICO .....	36
FIGURA 9 - FORÇAS HIDROSTÁTICAS NA SEÇÃO 1 .....	39
FIGURA 10 - FORÇAS HIDROSTÁTICAS NA SEÇÃO 2 .....	40
FIGURA 11 - FORÇAS HIDROSTÁTICAS NA SEÇÃO 3 .....	40
FIGURA 12 - FORÇAS HIDROSTÁTICAS NA SEÇÃO 4 .....	41
FIGURA 13 - NÍVEIS DE ÁGUA.....	42
FIGURA 14 – O MASCOTE .....	43
FIGURA 15 – FLUXOGRAMA DO CAMINHO PRINCIPAL PERCORRIDO NO SOFTWARE.....	49
FIGURA 16 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DAS TELAS INICIAIS .....	50
FIGURA 17 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DA INTRODUÇÃO APÓS LOGIN....	52
FIGURA 18 – SEQUÊNCIA DE PRINTS EM CAPÍTULO CONCEITUAL .....	53
FIGURA 19 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DA ESCOLHA DA SEÇÃO DE ESTUDO .....	55
FIGURA 20 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DA SIMULAÇÃO DE CENTRO DE MASSA.....	56
FIGURA 21 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DA SIMULAÇÃO DE FLUTUAÇÃO .	56
FIGURA 22 – NÍVEIS DA OBRA DA USINA HIDRELÉTRICA .....	57
FIGURA 23 - FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE PREENCHIDO - .....	59
FIGURA 24 - FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE PREENCHIDO - .....	61



## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 - TIPOS DE MATERIAIS DE BARRAGENS .....	15
TABELA 2 - FATORES MÍNIMOS DE SEGURANÇA .....	19
TABELA 3 – PARÂMETROS DE TESTE DAS SIMULAÇÕES .....	53
TABELA 4 – RESPOSTAS DO TESTE DAS SIMULAÇÕES .....	54

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1 - COMPARATIVO ENTRE OS SOFTWARES APRESENTADOS	34
QUADRO 2 - INFORMAÇÕES GERAIS DO SOFTWARE EDUCATIVO.....	37
QUADRO 3 – MÓDULOS DO SOFTWARE EDUCATIVO .....	51
QUADRO 4 – CONFIGURAÇÕES INICIAIS DO SOFTWARE EDUCATIVO...	51

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	11
1.2	PROBLEMA	11
1.3	OBJETIVO GERAL	12
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
2.1	BARRAGENS	14
2.1.1	ANÁLISE DE ESTABILIDADE GLOBAL DE BARRAGENS À GRAVIDADE	16
2.2	EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS	22
2.2.1	TEORIA EDUCACIONAL E DE APRENDIZAGEM	23
2.2.2	CLASSIFICAÇÃO DE SOFTWARES EDUCATIVOS	23
2.2.3	SIMULAÇÕES EM SOFTWARES EDUCATIVOS	25
2.2.4	ENSINO-APRENDIZAGEM EM ENGENHARIA CIVIL	26
2.3	REQUISITOS DE SOFTWARE	28
2.3.1	LEVANTAMENTO DOS REQUISITOS	29
2.3.2	CLASSIFICAÇÃO, ORGANIZAÇÃO E PRIORIZAÇÃO	29
2.3.3	ESPECIFICAÇÃO	30
2.3.4	PROTOTIPAÇÃO	30
2.4	TRABALHOS CORRELATOS	31
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DO TRABALHO</b>	<b>35</b>
3.1	REQUISITOS DO SOFTWARE	38
3.2	LÓGICA DE FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE EDUCATIVO	39
3.3	ANÁLISE DO SOFTWARE EDUCATIVO	42
3.3.1	DIAGRAMA E ESPECIFICAÇÃO DE CASO DE USO	43
3.3.2	DIAGRAMA DE CLASSES	44
3.3.3	DIAGRAMA DE CLASSES – INTERFACES	44
3.3.4	DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA	44
3.4	AVALIAÇÃO DO SOFTWARE EDUCATIVO	44
<b>4</b>	<b>TECNOLOGIAS APLICADAS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b>	<b>46</b>
4.1	Linguagem de programação Java 8.0	46

4.2	Sistema Operacional Android	47
4.3	Google Cloud	47
4.4	Infraestrutura de Desenvolvimento	48
5	<b>APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE EDUCATIVO</b>	<b>49</b>
6	<b>AVALIAÇÃO DO SOFTWARE EDUCATIVO</b>	<b>58</b>
7	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>66</b>
	<b>APÊNDICE 1 – ENTREVISTA COM PROFESSORES DA ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS</b>	<b>70</b>
	<b>APÊNDICE 2 – HISTÓRIAS DO USUÁRIO</b>	<b>75</b>
	<b>APÊNDICE 3 – REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS</b>	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE 4 – ESPECIFICAÇÕES DE CASO DE USO</b>	<b>79</b>
	<b>APÊNDICE 5 – LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO</b>	<b>118</b>
	<b>APÊNDICE 6 – DIAGRAMAS</b>	<b>130</b>
	<b>APÊNDICE 7 – MANUAL DE INSTALAÇÃO E ACESSO AO CÓDIGO</b>	<b>155</b>
	<b>ANEXO 1 – DIRETRIZES DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE EDUCATIVO PELA VISÃO DO PROFESSOR</b>	<b>156</b>
	<b>ANEXO 2 – DIRETRIZES DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE EDUCATIVO PELA VISÃO DO ANALISTA</b>	<b>159</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a *Our World in Data*, organização ligada a *University of Oxford*, que tem como objetivo tornar dados de relevância mundial acessíveis a todos, em 2016, 939,57 milhões de pessoas não tinham acesso a eletricidade (aproximadamente 12,6% da população mundial) (Our World in Data, 2019A). Apesar do número de pessoas sem acesso a eletricidade diminuir a cada ano, o ritmo desta diminuição é pequeno levando-se em consideração a meta número sete de desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas: energia acessível para todos até 2030 (United Nations, 2019). Além disto, as fontes renováveis corresponderam a somente 26,3% do total de energia elétrica produzida em 2019 no mundo (Our World in Data, 2019B). Este dado expõe a humanidade à dependência de carvão e de combustíveis fósseis. Apesar disto, a *Resenha Energética Brasileira* de 2018, do Ministério de Minas e Energia, mostra a supremacia brasileira na geração de energia elétrica renovável: 83,3% do total produzido no país. A hidroeletricidade, pertencente a este grupo, somou 73,3% entre as renováveis e 61,1% do total de energia elétrica produzida (Ministério de Minas e Energia do Brasil, 2019). Desta forma, considerando a necessidade de barragens em usinas hidrelétricas, principalmente de concreto, conclui-se que elas são fundamentais não apenas para a geração de energia elétrica, mas também para o desenvolvimento do país.

Para o projeto de uma barragem é necessário que um engenheiro civil realize uma série de cálculos de estabilidade, a fim de garantir que esteja nos padrões de segurança estabelecidos pelos Critérios de Projeto Civil (Eletrobrás, 2003). Estes cálculos são de alta complexidade, exigindo muito aprendizado para que se domine o conteúdo.

Uma ferramenta que dispusesse de tutoriais, simulações e desafios para auxiliar os alunos (e engenheiros formados) seria de grande valia para atingir os objetivos de ensino aprendizado deste tema tão relevante para o desenvolvimento do país.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Tragédias envolvendo barragens têm sido cada vez mais comuns nos noticiários brasileiros. Em 5 de novembro de 2015, a barragem de Fundão da mineradora Samarco em Mariana no estado de Minas Gerais rompeu e provocou um volume extravasado de pelo menos 34 milhões de metros cúbicos de rejeitos provenientes da extração de minério de ferro na região. Além de perdas humanas, os danos ambientais causados foram classificados como o maior do mundo envolvendo barragens de rejeitos (FARIA E BOTELHO, 2018). Em 25 de janeiro de 2019 a história se repete. Desta vez no município de Brumadinho, também em Minas Gerais e a menos de 200km de Mariana, uma barragem de rejeitos controlada pela Vale S.A. rompeu e ocasionou quase 300 mortes (FREITAS et al, 2019).

Segundo o relatório de segurança de barragens do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) de 2017, 68,75% das 592 barragens de concreto cadastradas têm como uso principal a geração de hidroeletricidade. Isto demonstra a enorme importância das barragens de concreto (chamadas também de barragens à gravidade) na geração de energia elétrica no Brasil. Porém, destas, 37,84% possui alto dano potencial associado, segundo os critérios gerais de classificação de barragens estabelecidos pela Resolução nº143 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (SNISB, 2017). Portanto, é inquestionável o absoluto comprometimento e competência em relação a todos os envolvidos no projeto e execução de barragens à gravidade.

## 1.2 PROBLEMA

O ensino de qualidade e acessível para todos no Brasil ainda é um objetivo a ser alcançado. O *Education at a Glance*, da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico de 2018, mostra que cerca de 42% dos homens e 32% das mulheres entre 25 e 34 anos não possuíam ensino médio no Brasil em 2017. Os números do ensino superior também não são satisfatórios: apenas 15% possuíam ensino superior em 2015 (OECD Library, 2018).

Em relação ao quesito qualidade, apesar do número de formados em engenharia disparar nos últimos anos, a qualificação destes profissionais têm

sido um entrave. Segundo o último ENADE realizado na área das engenharias, em 2019, e considerando uma escala de desempenho de 0 a 100, os cursos de engenharia não obtiveram médias satisfatórias. Por exemplo, a engenharia civil obteve 39,9; a engenharia mecânica ficou com 36,4; e a engenharia elétrica obteve o pior resultado entre as engenharias avaliadas com 33,4 (Ministério da Educação, 2019).

Tornar o ensino descomplicado, ágil e até divertido são características que este trabalho se propõe a abordar.

### 1.3 OBJETIVO GERAL

**Desenvolvimento de um software educativo mobile para ensino de estabilidade de barragens à gravidade.** Com isso, visa-se disponibilizar um software educativo para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de conceitos acerca de estabilidade de seções com largura unitária<sup>1</sup> e comuns de barragens à gravidade, demonstrando o passo a passo das análises e simulações decorrentes de cada resultado encontrado.

### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Descrever sobre barragens à gravidade e quais são os mecanismos para se definir a estabilidade delas;
- Compreender as dificuldades que ocorrem no processo de ensino aprendizagem no curso de engenharia civil;
- Definir uma teoria educacional e um tipo de software educativo para este conteúdo específico;
- Levantar requisitos funcionais e não funcionais para o desenvolvimento do software educativo em questão;
- Implementar simulações referentes aos conceitos que serão abordados pelo software;

---

<sup>1</sup> Seção com largura unitária: desenho em duas dimensões que representa a visualização de um corte transversal de uma barragem, considerando-a com uma unidade de comprimento.

- Avaliar o software educativo pela visão do professor e pela visão do analista;
- Iniciar uma série de softwares educativos para o ensino superior na área de engenharia de recursos hídricos e ambiental intitulada "Build the Future".



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o correto funcionamento da aplicação, e para que sejam atingidos os objetivos propostos, é fundamental que os conceitos teóricos estejam bem especificados.

Faz-se necessária a caracterização do que são barragens, e mais especificamente, barragens a gravidade; e quais seus mecanismos de estabilidade. Além disso, devido ao caráter educacional do software, deve-se estabelecer adequadamente qual teoria educacional melhor atende ao trabalho proposto. É discutido também os trabalhos correlatos na área, a fim de verificar-se quais os avanços feitos por outras pesquisas, e como outros projetos de informática na educação foram aplicados. Por fim, procede-se com a definição de como os requisitos deverão ser levantados para a correta modelagem da aplicação.

### 2.1 BARRAGENS

As barragens são estruturas que aprisionam substâncias líquidas ou misturas de líquidos e sólidos em curso permanente ou temporário de água (Lei nº12.334, 2010). Podem variar de pequenos maciços a enormes estruturas de concreto que são geralmente utilizadas para irrigação, fornecimento de água e geração de energia elétrica (COELHO, 2016, p.14).

O Manual de Segurança e Inspeção de Barragens do Ministério da Integração Nacional (2002) considera como barragem:

Estrutura construída transversalmente a um rio ou talvegue com a finalidade de obter a elevação do seu nível d'água e/ou de criar um reservatório de acumulação de água seja de regulação das vazões do rio, seja de outro fluido (Ministério da Integração Nacional, 2002, p.15).

As barragens podem ser construídas com diferentes tipos de materiais: enrocamento, terra, concreto e até de alvenaria (TABELA 1). Esta diversidade se dá por conta da localização, dimensão e uso principal. No entanto, das 24.092 barragens cadastradas no Sistema Nacional de Informações sobre Segurança

de Barragens, 75,80% não contém informação sobre o material utilizado em sua composição (SNISB, 2017).

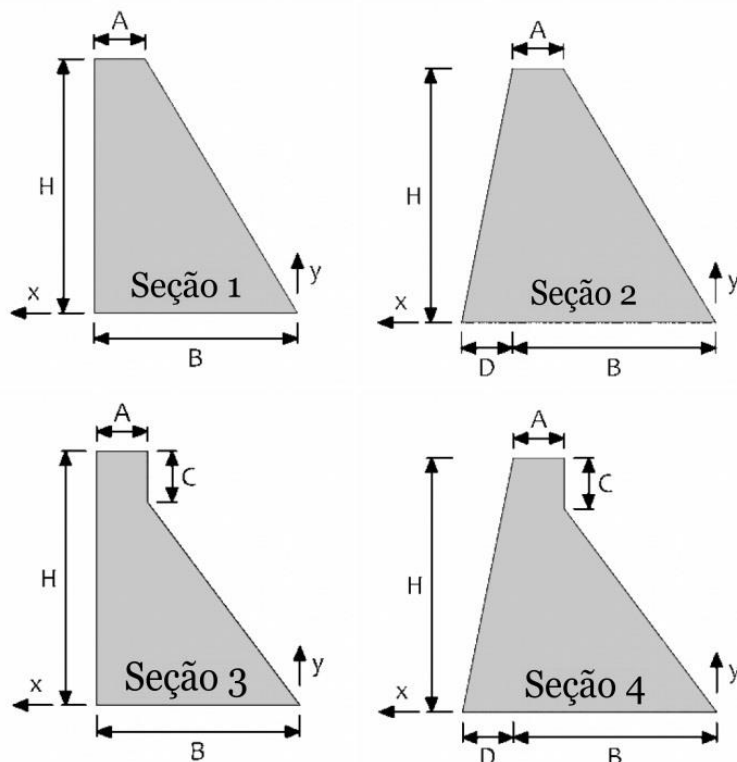
TABELA 1 - TIPOS DE MATERIAIS DE BARRAGENS

Material	Quantidade	Porcentagem do Total (%)
Alvenaria	114	0,47
Concreto	539	2,24
Concreto Compactado a Rolo (CCR)	53	0,22
Enrocamento	15	0,06
Outro	22	0,09
Sem Informação	18.261	75,80
Terra	4.560	18,93
Terra-enrocamento	528	2,19
Total	24.092	100

FONTE: SNISB (2017).

As barragens à gravidade são aquelas formadas por grandes maciços de concreto. Apesar de possuírem limitação de altura com relação à base e à fundação, requerem pouca manutenção e se adaptam em qualquer localidade, dependendo, porém, da fundação do local. Elas são dependentes de sua massa para estabilidade e o perfil de gravidade é geralmente trapezoidal para evitar sobrecarga (COELHO, 2016, p.15) (FIGURA 1).

FIGURA 1 - SEÇÕES COMUNS DE BARRAGENS À GRAVIDADE



FONTE: Os autores (2019)

### 2.1.1 ANÁLISE DE ESTABILIDADE GLOBAL DE BARRAGENS À GRAVIDADE

Análises de estabilidade de barragens à gravidade podem abranger simples bidimensionais “corpos rígidos” sobre superfícies planas até complexos métodos tridimensionais de elementos finitos (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2002, p.49).

As barragens à gravidade devem ser dimensionadas considerando combinações de cargas que incidem permanentemente ou ocasionalmente na estrutura considerando um fator de segurança adequado a cada uma. Para cada combinação são calculados coeficientes de segurança quanto à flutuação, tombamento, deslizamento e tensões na base (COELHO, 2016, p.15).

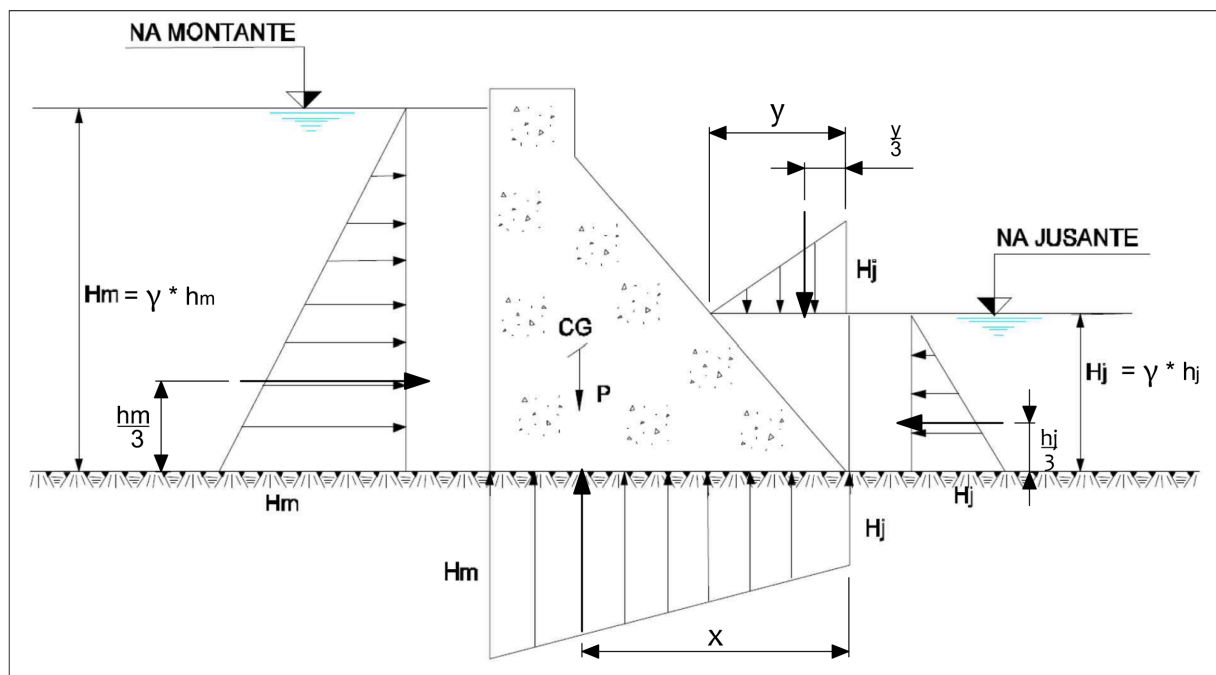
Os esforços solicitantes em barragens de concreto são mencionados por Mason (1988) e são eles:

- Peso próprio e sobrecargas fixas;
- Pressão hidrostática;
- Pressões intersticiais nos poros;
- Choques de ondas e ações dinâmicas da água;
- Forças sísmicas, em regiões sujeitas a sismo;
- Efeitos de temperatura, retração e deformação lenta do concreto;
- Ações devido à deformação das fundações e das encostas.

No Brasil o manual que define como devem ser realizadas as análises de estabilidade em barragens à gravidade foi publicado em 2003 pela Eletrobrás, intitulado “Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas”, o qual fornece parâmetros para a análise estática de barragens.

As pressões hidrostáticas variam linearmente com a profundidade a partir do nível d'água (AZEVEDO NETTO, 1998, p.25). Estas são representadas através de diagramas triangulares ou trapezoidais (FIGURA 2).

FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS



FONTE: adaptado de ELETROBRÁS (2003)

A FIGURA 2 apresenta as pressões hidrostáticas mais comuns em uma barragem à gravidade de acordo com as alturas hidrostáticas d'água à montante ( $H_m$ ) e à jusante ( $H_j$ ). A partir destas alturas formam-se os diagramas de pressões incidentes. As forças resultantes têm direções representadas pelas “flechas” indicadas.

A seguir são apresentadas todas as verificações pertinentes para as barragens à gravidade segundo o manual da Eletrobrás (2003):

#### a) Casos de Carregamento

Os casos de carregamento são resultado de um conjunto de níveis de água e eventos nos quais são levados em consideração a probabilidade de ocorrência. Os casos de carregamento, de acordo com a Eletrobrás, são (ELETROBRÁS, 2003, p.141):

- **Condição de Carregamento Normal (CCN):** são as combinações de ações que apresentam grande probabilidade de ocorrência durante a operação normal ou manutenção de rotina da obra. São exemplos dessas ações os níveis de água que ocorrerão em quase 100% do tempo da vida útil (nível normal);

- Condição de Carregamento Excepcional (CCE): são as combinações de ações que apresentam baixa probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura. Geralmente são tratadas de forma individual, uma vez que duas ações excepcionais possuem baixíssima probabilidade de ocorrência simultânea. São exemplos dessas ações os níveis de água com tempo de retorno<sup>2</sup> de 1.000 anos (nível máximo), ou seja, tais níveis serão atingidos apenas uma vez a cada milênio;
- Condição de Carregamento Limite (CCL): são as combinações de ações que apresentam baixíssima probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura. São exemplos destas ações a simultaneidade de duas ações excepcionais ou níveis de água com tempo de retorno de 10.000 anos (nível máximo *maximorum*), ou seja, tais níveis serão atingidos apenas uma vez a cada dez milênios.
- Condição de Carregamento de Construção (CCC): são as combinações de ações que apresentam probabilidade de ocorrência durante a execução da obra, ou seja, acontece quando a construção da barragem não está finalizada. São exemplos destas ações os níveis de água nulo à jusante<sup>3</sup> e variável à montante<sup>4</sup> (podendo ser normal, máximo ou de desvio do rio).

Uma margem de segurança deve ser considerada para cada caso de carregamento. Ou seja, os coeficientes a serem atingidos devem variar de maneira tal que é necessária uma análise criteriosa para verificar qual caso será determinante na escolha do perfil de gravidade (TABELA 2) (ELETROBRÁS, 2003, p.154 e 155).

---

<sup>2</sup> Tempo de retorno: o período em que uma dada chuva pode ocorrer ou ser superada, em anos por vez (AZEVEDO NETTO, 1998, p.537).

<sup>3</sup> Jusante: para o lado da foz; para onde correm as águas de um rio. (MICHAELIS, 2021).

<sup>4</sup> Montante: no sentido da nascente de um rio, para o lado da nascente. (MICHAELIS, 2021).

TABELA 2 - FATORES MÍNIMOS DE SEGURANÇA

Coeficientes de Segurança	Casos de Carregamentos			
	CCN	CCE	CCL	CCC
Flutuação – CSF	1,3	1,1	1,1	1,2
Tombamento – CST	1,5	1,2	1,1	1,3
Deslizamento sem Coesão – CSD <sub>o</sub>	1,5	1,1	1,1	1,3
<sup>5</sup> Deslizamento com Coesão – CSD <sub>c</sub>	3,0 (4,0)	1,5 (2,0)	1,3 (2,0)	2,0 (2,5)
Porcentagem Mínima de Base Comprimida	100%	75%	>0%	75%

FONTE: ELETROBRÁS (2003).

### b) Flutuação

O fenômeno da flutuação ocorre quando as forças de subpressão são maiores que a do peso próprio da barragem. A subpressão é causada devido aos níveis de água à montante e à jusante. Quanto maiores as elevações dos níveis, maiores serão as forças de subpressão e, portanto, maior será a quantidade de concreto necessária para assegurar a segurança quanto à flutuação (ELETROBRÁS, 2003).

O coeficiente de flutuação é dado por (ELETROBRÁS, 2003, p.146):

$$CSF = \frac{\sum V}{\sum U} \quad (2.1)$$

Onde:

- CSF - Coeficiente de segurança à flutuação;
- $\sum V$  - Somatório das forças gravitacionais;
- $\sum U$  - Somatório das forças de subpressão.

### c) Tombamento

O tombamento, como o próprio nome já diz, é a consequência da ação que tende a tombar a estrutura e ocorre quando os momentos desestabilizantes, calculados a partir do ponto mais desfavorável (mais à jusante), são superiores aos momentos estabilizantes (ELETROBRÁS, 2003).

<sup>5</sup> Quando não há conhecimento dos parâmetros de resistência dos materiais envolvidos utiliza-se o valor entre parênteses.

O coeficiente de segurança ao tombamento é definido da seguinte maneira (ELETROBRÁS, 2003, p.147):

$$CSF = \frac{\sum M_e}{\sum M_t} \quad (2.2)$$

Onde:

- CST - Coeficiente de segurança ao tombamento;
- $\sum M_e$  - Somatório dos momentos estabilizantes;
- $\sum M_t$  - Somatório dos momentos de tombamento.

No software educativo proposto será explicado como quantificar e classificar cada parcela dos momentos atuantes (ou de tombamento) e resistentes (ou estabilizantes).

#### d) Deslizamento

O deslizamento acontece quando as forças de atrito e de coesão (obtidos através de parâmetros geomecânicos) entre a estrutura e a rocha (onde normalmente as barragens são apoiadas) não suportam as forças horizontais devido ao empuxo de água (ELETROBRÁS, 2003).

Primeiramente, é analisado se apenas o atrito é suficiente para aguentar as forças paralelas à superfície de escorregamento (EQUAÇÃO (2.3))(2.1. Caso não atenda o coeficiente mínimo, é feita a verificação com coesão (EQUAÇÃO (2.4)).

Deste modo, o deslizamento é calculado da seguinte maneira (ELETROBRÁS, 2003, p.149):

$$\frac{\sum N_i tg \phi_i}{\sum T_i} \geq CSD_{\phi} \quad (2.3)$$

$$\frac{\frac{\sum N_i tg \phi_i}{CSD_{\phi}} + \frac{\sum C_i A_i}{CSD_c}}{\sum T_i} \geq 1,0 \quad (2.4)$$

Onde:

- $CSD_{\phi}$  – Coeficiente de ponderação relativo ao atrito;
- $CSD_c$  – Coeficiente de ponderação relativo à coesão;

- $N_i$  – Força normal à superfície de escorregamento em análise;
- $\phi_i$  - Ângulo de atrito característico da superfície de escorregamento em análise;
- $C_i$  - Coesão característica ao longo da superfície de escorregamento;
- $A_i$  - Área efetiva de contato da estrutura no plano em análise;
- $T_i$  - Resultante das forças paralelas à superfície de escorregamento.

#### e) Tensões na Base

As tensões na base são de importante verificação, uma vez que tensões de tração na seção sujeitam o concreto sem armadura adotado em barragens à ruptura devido à baixa resistência à tração. Além disso, as tensões de compressão excessivas podem ocasionar a ruptura do material e a consequente ruína da estrutura.

A priori, é observado se a resultante das forças gravitacionais está dentro do terço médio da base (ou núcleo central de inércia), pois assim 100% dela terá tensões de compressão. Deste modo, pode-se dispensar a verificação quanto às tensões de tração. No entanto, se o valor da compressão for alto demais, a resistência dos materiais da fundação pode não ser suficiente.

As tensões na seção de estudo são resultantes da ação conjunta das cargas verticais e da flexão, devido ao momento resultante da excentricidade das solicitações (ELETROBRÁS, 2003):

$$\sigma = \frac{R_v}{A} \pm \frac{M}{W} \quad (2.5)$$

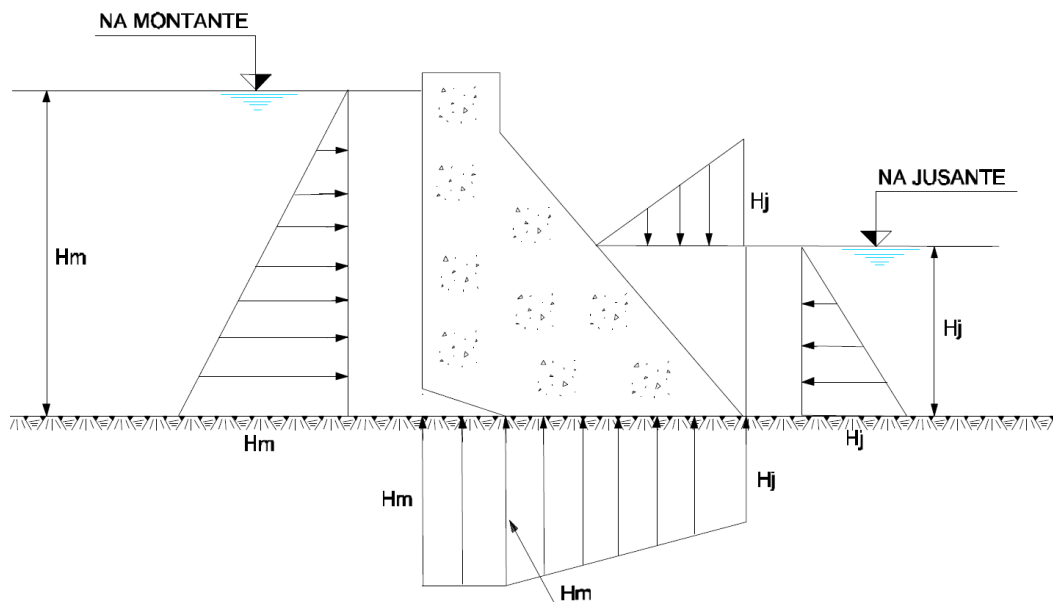
Onde:

- $\sigma$  é a tensão máxima e mínima nas extremidades da seção;
- $R_v$  é a resultante das forças verticais;
- $A$  é a área da seção;
- $M = R_v \times e$ , sendo “e” a excentricidade do ponto de aplicação da força resultante dos esforços, dada por  $e = (\sum M / R_v)$ , onde  $e = h / 2$ ;
- $W$  é o módulo resistente da seção ( $I / e$ ), sendo “I” o momento de inércia da seção (para base retangular:  $bh^3 / 12$ );



Caso parte da base fique tracionada, deve-se realizar o processo de abertura de fissura, a fim de estabilizar quaisquer tensões de tração que ajudem a tombar a barragem (FIGURA 3).

FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS QUANDO HÁ ABERTURA DE FISSURA.



FONTE: ELETROBRÁS (2003)

A FIGURA 3 apresenta como é dado o incremento de subpressão devido a abertura de fissura. Com a alteração da subpressão, conclui-se que este processo altera todas as outras verificações anteriores e por isso é necessário recalcular todos os coeficientes de segurança e a nova porcentagem da base que está comprimida. Desta forma, este processo confirma a estabilidade ou a instabilidade. Neste último caso mudanças na geometria da barragem são exigidas.

## 2.2 EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS

Esta seção compreende os conceitos básicos das teorias educacional e de aprendizagem que serviram como base para a criação do software proposto. A partir disto, também descreve o tipo de software educativo correspondente e trabalhos realizados que se basearam nestas teorias.

### 2.2.1 TEORIA EDUCACIONAL E DE APRENDIZAGEM

Piaget, em sua *magnum opus*, “A Epistemologia Genética” (1950), detalha como surge o conhecimento humano de acordo com o estágio (relacionado ao comportamento e não necessariamente com a idade de um indivíduo) em que ele se encontra. No entanto, independente do estágio, a aquisição de conhecimentos acontece por meio da relação sujeito/objeto em processos de assimilação, acomodação e equilíbrio. A assimilação ocorre quando a informação é incorporada às estruturas pré-existentes na estrutura dinâmica cognitiva. A acomodação é um processo de adaptação do indivíduo para incorporar dinamicamente a nova informação. Já a equilíbrio é um processo de iteração equilíbrio-desequilíbrio-equilíbrio que visa dominar o objeto de conhecimento. É por isso que, para a teoria de aprendizagem de Piaget – o construtivismo – a ênfase está na reconstrução dos caminhos pelos quais o indivíduo evoluiu de modo que o conhecimento é um processo se estruturando e não um estado já cristalizado (ABREU et al, 2010).

Em consonância com a abordagem construtivista de Piaget, uma teoria educacional surge contrapondo a escola tradicional: a Escola Nova. Nela, o professor agiria como um estimulador e orientador da aprendizagem cuja iniciativa principal caberia aos próprios alunos (SAVIANI, 2008). Esta vertente pedagógica assume inspiração experimental baseada principalmente nas contribuições da biologia e da psicologia. A máxima é que o importante não é aprender, mas sim aprender a aprender (SAVIANI, 2008).

É em cima destas teorias de aprendizagem e educacional que este trabalho se baseará: o aluno é colocado em uma circunstância de tal forma que sinta a necessidade de executar uma ação, mas o professor tem a liberdade de instruí-lo através de métodos próprios.

### 2.2.2 CLASSIFICAÇÃO DE SOFTWARES EDUCATIVOS

De acordo com Tavares e Silva (2017), os softwares educativos são classificados em oito grandes grupos (FIGURA 4), conforme suas características e vantagens:

- Exercício ou prática: são caracterizados por exercícios que reforçam conhecimentos através da memorização e repetição. Permitem a correção imediata do erro e se adaptam ao ritmo dos alunos.
- Simulação: são caracterizados por situações que se assemelham à realidade onde o aluno pode testar, tomar decisões e analisar as consequências.
- Modelagem: o aluno cria a situação a ser estudada. Por isso, há uma grande flexibilidade de situações possíveis que despertam a criatividade.
- Aplicativos: são softwares que não tiveram objetivo educacional em sua concepção, mas são adaptáveis a ponto de permitirem este uso.
- Jogos: têm a diversão como o ponto forte a ser explorado para despertar o interesse. De forma lúdica entretêm o aluno e o estimula a resolver problemas utilizando conhecimentos prévios.
- Tutoriais: são caracterizados por um ciclo que começa pelo repasse da informação e depois verifica se o aluno compreendeu através de exercícios. O tempo todo o aluno é instruído a realizar tarefas específicas. Apesar disso, é permitido o avanço para novas atividades, bem como a repetição de anteriores.
- Linguagem de programação: permitem a liberdade do próprio usuário criar seus protótipos de programas mesmo sem conhecimentos avançados em programação.
- Investigação: quando informações adicionais podem ser consultadas a qualquer tempo.

FIGURA 4 – CLASSIFICAÇÃO DE SOFTWARES EDUCATIVOS



FONTE: TAVARES E SILVA (2017)

### 2.2.3 SIMULAÇÕES EM SOFTWARES EDUCATIVOS

Neste tipo de software educativo o aluno altera certos parâmetros e observa o comportamento de um fenômeno. Isto é, o aprendiz não escolhe o fenômeno, pois este é previamente implementado no computador. No entanto, a simulação subdivide-se em duas vertentes (VALENTE, 1999, p.95 e 96):

- Simulação fechada: caracteriza-se pelo pouco incentivo ao desenvolvimento de hipóteses, bem como testá-las, analisar resultados e refinar conceitos;
- Simulação aberta: o aprendiz é encorajado a descrever ou implementar alguns aspectos do fenômeno. Isto requer seu

envolvimento com o fenômeno reconhecendo como as variáveis influenciam seu comportamento. Deste modo o software permite a elaboração do nível de compreensão por meio do ciclo descrição-execução-reflexão-depuração-descrição.

Portanto, para que a aprendizagem ocorra é necessário criar condições para que o aprendiz se envolva com o fenômeno através da elaboração de hipóteses, leituras e discussões para validar sua compreensão (VALENTE, 1999, p.96).

No âmbito deste trabalho, a simulação aberta será de fundamental importância para propiciar ao aluno a observação da influência de cada variável na estabilidade da barragem à gravidade e, com isso, dar a oportunidade ao aluno de experimentar os resultados alcançados com as análises que construir no objeto de estudo.

#### 2.2.4 ENSINO-APRENDIZAGEM EM ENGENHARIA CIVIL

O rápido avanço das tecnologias digitais demanda profissionais qualificados não apenas em sua área específica, mas também que saiba aliar tecnologias de modo a atender as necessidades do mercado de trabalho. Devido a isto, hoje, as instituições de ensino têm cada vez mais se modernizado para atender esta tendência. No caso da engenharia civil, um dos cursos mais antigos das universidades brasileiras, este processo é moroso, mas necessário.

Conforme estudo realizado por Pereira (2005) na disciplina de Engenharia de Transportes da Universidade de São Carlos, o maior desafio em termos de qualidade de ensino em engenharia é a incorporação das mudanças tecnológicas e sociais. As principais dificuldades identificadas estão relacionadas com a relação professor-aluno. Utilizando-se do construtivismo de Jean Piaget, onde o aluno é um ser ativo que age espontaneamente sobre o meio e é o responsável pela sua própria aprendizagem, Pereira chegou à conclusão de que a introdução dos conteúdos da disciplina num site da Internet aumentou significativamente o interesse dos alunos e notas 11% maiores, considerando que nos dez anos anteriores tal disciplina foi ministrada pelos mesmos professores. No entanto, Pereira ressalta que a tecnologia é complementar à metodologia tradicional de ensino e não uma substituta.

O estudo de Pereira (2005) não é o único. Muitos outros trabalhos foram feitos no intuito de inovar a metodologia de ensino em diversas outras disciplinas do curso de engenharia civil tendo como plano de fundo o construtivismo de Piaget.

Trevisan e Silva (2019) implementaram uma metodologia ativa de aprendizagem chamada de *Peer Instruction*, proposta pelo professor de física da Universidade de Harvard Eric Mazur e inspirada no construtivismo. Este método propõe que a aprendizagem se dê pela discussão do tema entre os alunos, sendo mediada e conduzida pelo professor. Após uma exposição inicial ao tema, os alunos realizam um teste conceitual que determina como avançar no aprendizado, conforme o percentual de acertos: caso inferior a 30%, é feita uma nova revisão dos conceitos, e reaplicação do teste; caso fique na faixa de 30% a 70%, é feita então a organização dos alunos em grupos de discussão para que, posteriormente, voltem a responder à questão; caso superior a 70%, é concluído o tema e prepara-se a turma para a próxima questão ou assunto. (SOUZA et al, 2017).

A implementação de Trevisan e Silva (2019) foi realizada em três disciplinas relacionadas a cálculo estrutural. Os alunos que obtiveram resultados acima da média para aprovação representaram 95%, 100% e 91% do total de alunos em cada turma contra 45%, 64% e 33% nas turmas em que se utilizou o método tradicional de ensino. Segundo os autores, o sucesso se deu pela troca de informações entre os discentes o que possibilitou o desenvolvimento da análise crítica e da capacidade de ensinar e aprender (TREVISAN & SILVA, 2019).

Santos Junior et al. (2019) desenvolveram um projeto didático composto por duas outras metodologias ativas de aprendizagem (baseada em problemas e em projetos) aplicadas na disciplina de resistência dos materiais do curso de engenharia civil do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA). Esta é uma disciplina fundamental e introdutória às disciplinas relacionadas ao cálculo estrutural. Os cálculos envolvidos exigem cautela e exatidão. No projeto, foi utilizada primeiramente a abordagem baseada em problemas (ABProb) com a dinâmica do “Quebra-Cabeças”, onde um grupo de 25 alunos é subdividido em 5 grupos de discussão que recebem um problema contextualizado (um problema diferente para cada grupo), para que seja discutido e solucionado dentro de um

tempo pré-determinado, cabendo ao professor percorrer os grupos para solução das dúvidas. Após essa etapa, cada integrante de um subgrupo recebe um cartão com uma cor diferente, e procede-se com a formação de grupos com alunos com cartões de cores iguais para a discussão e solução de todos os temas em um tempo maior, sem auxílio do professor. Concluída a dinâmica, é dado sequência com a utilização do método de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABProj), onde são sorteados novamente grupos de 5, que recebem um projeto estrutural simplificado, encorajando-os a fazer os cálculos pertinentes manualmente conforme as peculiaridades de cada projeto. Após, ensina-se a utilização de software específico para cálculo onde os alunos deverão reproduzir o projeto e, assim, verificar os cálculos realizados manualmente. Finalmente, é produzido um relatório contemplando os tópicos abordados.

Desta forma, os recursos tecnológicos se mostram cada vez mais importantes para maior precisão. Portanto, o ensino deve ter como objetivo propiciar uma aprendizagem contextualizada e orientada para o uso de tecnologias contemporâneas de modo que o aluno pratique a análise, síntese e avaliação. Neste sentido as metodologias ativas exigem que o aluno pense, raciocine, observe e reflita que em última instância resulta num maior volume de assimilação de conteúdo (SANTOS JUNIOR et al., 2019).

## 2.3 REQUISITOS DE SOFTWARE

O software educativo é concebido tendo em conta suas restrições e as descrições de seus serviços. A estas restrições e descrições dá-se o nome de requisitos que podem ser divididos em requisitos de usuário e de sistema. Os requisitos de usuário são declarações de quais serviços o sistema deverá fornecer a seus usuários considerando as restrições a que estes serviços estarão submetidos. Os requisitos de sistema, por sua vez, são descrições detalhadas das funções, serviços e restrições operacionais do software. Portanto, os requisitos de usuário são mais gerais, enquanto os requisitos de sistema são mais específicos (SOMMERVILLE, 2011, p.57 e 58).

### 2.3.1 LEVANTAMENTO DOS REQUISITOS

Segundo Vazquez (2016) a elicitação de requisitos pode ser feita através de análise de documentos, glossário (etnografia), entrevista e/ou pesquisa (questionário). Define-se aqui apenas o método utilizado neste trabalho: entrevista.

A técnica de entrevista consiste no processo de ouvir e registrar as necessidades e desejos dos interessados. Possui as seguintes características (VAZQUEZ, 2016):

- É guiada por uma pauta de perguntas que podem ter respostas abertas (“livres”) e/ou fechadas (múltipla escolha);
- O diálogo pode ser formal ou informal;
- O papel do entrevistador é buscar respostas sobre os requisitos, problemas e desafios;
- O formato pode ser estruturado, no qual se segue à risca o roteiro; ou não estruturado, no qual não há uma ordem nas questões e o roteiro é apenas um apoio para o entrevistador.
- A estrutura pode ser de três tipos: pirâmide (inicia com questões fechadas e questões abertas são inseridas aos poucos), funil (inicia com questões abertas e questões fechadas são inseridas aos poucos) e diamante (inicia com questões fechadas, insere questões abertas no meio e termina com questões fechadas).

### 2.3.2 CLASSIFICAÇÃO, ORGANIZAÇÃO E PRIORIZAÇÃO

Para demonstração dos requisitos de usuário utilizou-se a técnica de histórias do usuário. Esta técnica define o escopo sem entrar no detalhamento do passo a passo ou das regras de negócio por meio de breves declarações. Cada declaração deve responder quem se beneficia, o que se quer e qual o benefício intrínseco. Para aferir a qualidade de uma história do usuário basta questionar se ela é: independente (não depende de outras), negociável (pode ser priorizada, dependendo da necessidade), valiosa (entrega um resultado ao



usuário), estimável (quando estará pronta), pequena (objetiva) e testável (passível de teste) (VAZQUEZ, 2016).

### 2.3.3 ESPECIFICAÇÃO

Segundo Sommerville (2011), os requisitos são frequentemente classificados como funcionais e não funcionais:

Requisitos funcionais: são declarações de serviços que o sistema deve fornecer, de como o sistema deve reagir a entradas específicas e de como o sistema deve se comportar em determinadas situações. Em alguns casos, os requisitos funcionais também podem explicitar o que o sistema não deve fazer.

Requisitos não funcionais: são restrições aos serviços ou funções oferecidos pelo sistema. Incluem restrições de timing, restrições no processo de desenvolvimento e restrições impostas pelas normas. Ao contrário das características individuais ou serviços do sistema, os requisitos não funcionais, muitas vezes, aplicam-se ao sistema como um todo. (SOMMERVILLE, 2011, p.59).

Assim, os requisitos funcionais descrevem o que o sistema deve fazer enquanto os não funcionais normalmente especificam ou restringem as características do sistema como um todo (SOMMERVILLE, 2011).

### 2.3.4 PROTOTIPAÇÃO

A prototipação é uma técnica utilizada para simular o funcionamento dos requisitos para diminuir os riscos do projeto através da possível descoberta de problemas nos requisitos levantados (VAZQUEZ, 2016). Segundo Vazquez (2016), esta técnica possui algumas classificações:

- Quanto a fidelidade:
  - Baixa: mais simples e sem muitos detalhes para reduzir o custo e o tempo investido na elaboração;
  - Alta: alto grau de detalhamento que permitem simular a experiência do usuário.
- Quanto a visão:
  - Horizontal: cobre de forma ampla várias funcionalidades sem se aprofundar no funcionamento.

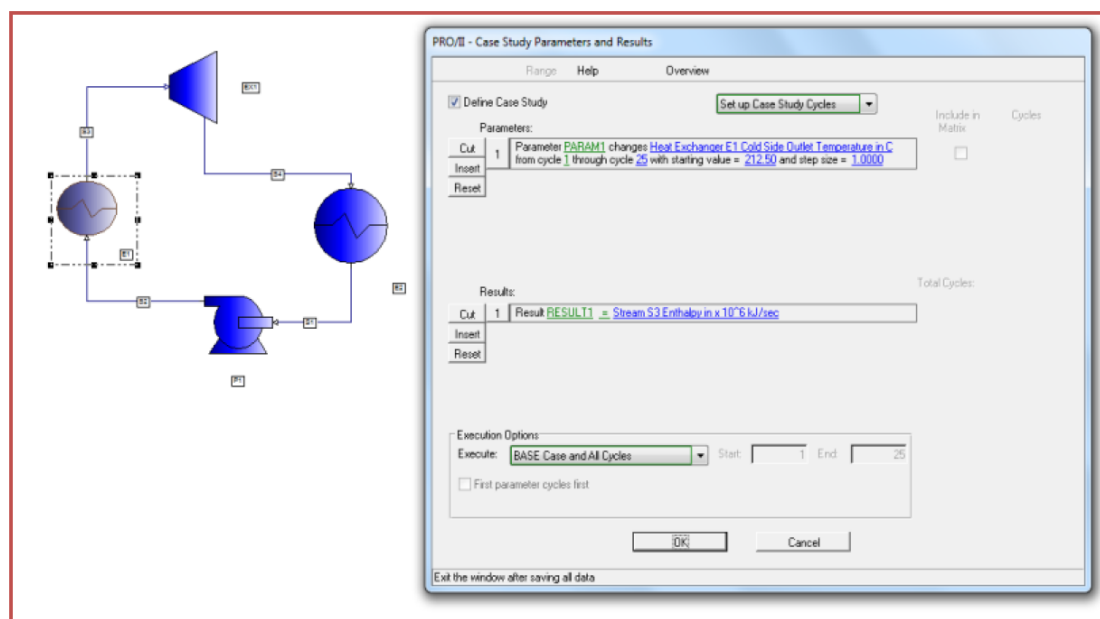
- Vertical: foca em um menor número de funcionalidades para aprofundar o entendimento de detalhes.
- Quanto a abordagem:
  - Evolutiva: os protótipos são elaborados na própria ferramenta de desenvolvimento e vão sendo alterados até se tornarem prontos para compor a versão final do software;
  - Descartável: os protótipos são feitos em ferramentas de desenho próprias e são descartados após cumprirem seus objetivos.

## 2.4 TRABALHOS CORRELATOS

Muitos softwares educativos já foram desenvolvidos visando a aprendizagem de conteúdo específicos do ensino infantil, fundamental e médio. Dada a ampla variedade de cursos superiores e o alto nível de conhecimento requerido para o desenvolvimento, ainda é bastante escasso o uso de softwares educativos nas universidades. No entanto, são apresentados a seguir alguns que tiveram significativo sucesso não apenas por tratar corretamente conteúdos de cursos de graduação, mas também pela utilização de simuladores.

Coelho et al. (2019) utilizaram como ferramenta didática um simulador de problemas envolvendo processos industriais da engenharia química, no Instituto Federal da Bahia (IFBA), chamado PRO/II. A justificativa consistiu no contato insuficiente dos estudantes com softwares computacionais durante a graduação e que hoje esta é uma habilidade imprescindível a qualquer engenheiro. Professores e alunos foram capacitados por meio de um guia tutorial. As simulações permitiram uma visão mais sistêmica dos resultados e o material gerado tem sido utilizado como uma ferramenta multiplicadora de conhecimento e como apoio didático em disciplinas específicas do curso de engenharia química (COELHO et al., 2019).

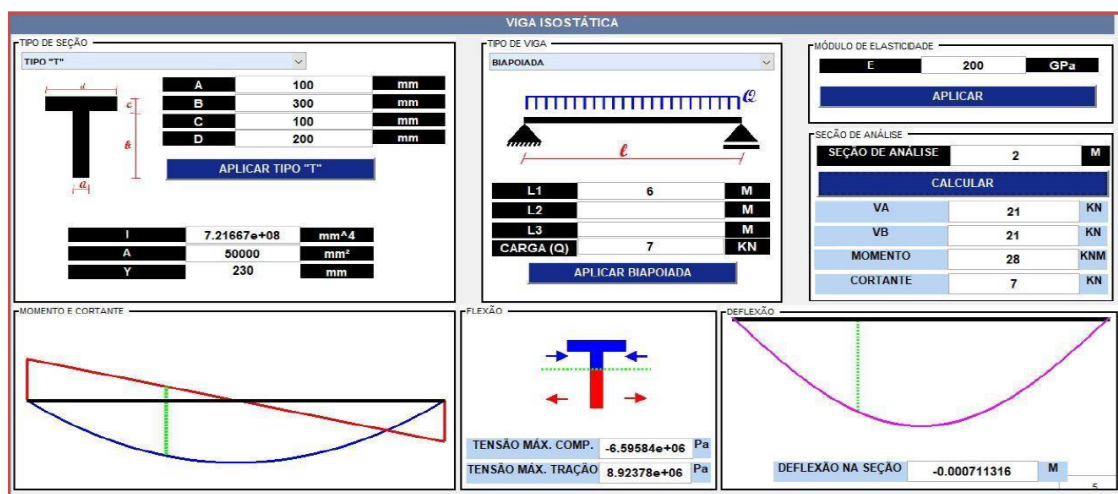
FIGURA 5 – SOFTWARE PRO/II



FONTE: COELHO et. al. (2019)

Silva et al. (2019) desenvolveram um software educacional para o aprimoramento do ensino na disciplina de resistência dos materiais do curso de engenharia civil por meio do auxílio do software MATLAB. Nele o estudante pode simular diferentes tipos de situações as quais são demonstradas por meio da plotagem de imagens e gráficos que facilitam a compreensão do conteúdo abordado (SILVA et al., 2019).

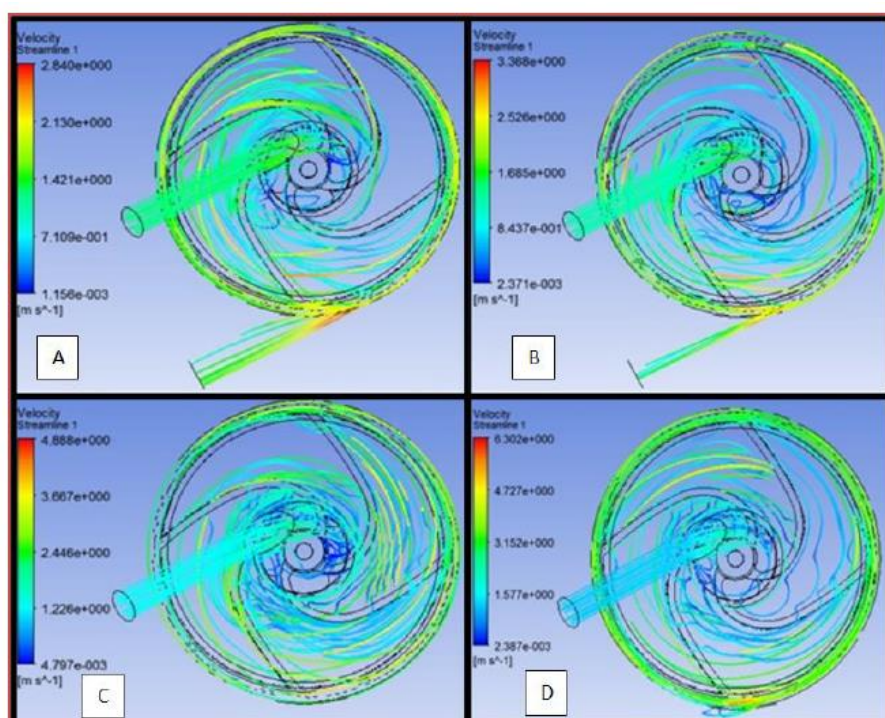
FIGURA 6 – SOFTWARE CRIADO COM AUXÍLIO DO MATLAB



FONTE: SILVA et. al. (2019)

Siqueira e Fontes (2019) empregaram ferramentas de simulação fluidodinâmica e de análise estrutural por elementos finitos em aulas das turmas dos anos finais do curso de engenharia mecânica na Universidade São Judas Tadeu. Elas aumentaram a sensibilidade do aspecto físico dos problemas e desta forma ajudando no aprendizado de disciplinas fundamentais do curso e proporcionando a capacitação necessária para o desenvolvimento dos trabalhos de conclusão de curso (SIQUEIRA & FONTES, 2019).

FIGURA 7 – FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO



FONTE: SIQUEIRA e FONTES (2019)

No QUADRO 1 pode ser observado um comparativo entre os softwares apresentados e a proposta deste trabalho, tendo em vista os requisitos constantes no APÊNDICE 3.

QUADRO 1 - COMPARATIVO ENTRE OS SOFTWARES APRESENTADOS

AUTORES	SOFTWARES	REQUISITOS			
		Permitem criação e manutenção de usuário, uso de Login (01, 02, 19)	Permitem visualização de conceitos teóricos diretamente na aplicação (03, 05, 07, 08, 09, 11, 17)	Permitem cálculo, obtenção de feedback e simulação (04, 06, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18)	Permite exercícios de simulação da realidade (20)
Coelho et al	PRO/II	Não	Não	Sim	Sim
Silva et al	Matlab	Não	Não	Sim	Sim
Siqueira & Fontes	ANSYS®	Não	Não	Sim	Sim
Presente trabalho	App Build the Future: Dams	Sim	Sim	Sim	Não**

\*\*OBS.: a possibilidade de resolução de simulações de casos reais não está no escopo deste trabalho, sendo reservada para trabalhos futuros.

O QUADRO 1 adota, para fins de comparação, os requisitos agrupados conforme seus objetivos gerais:

- requisitos que abordam a criação e manutenção de usuários através de login em um sistema: RF 01, 02, 19;
- requisitos que abordam a visualização e aprendizado de conteúdo diretamente na própria plataforma: RF 03, 05, 07, 08, 09, 11, 17;
- requisitos que abordam cálculo, simulação, e obtenção de feedback relacionado a estas atividades: RF 04, 06, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18;
- Requisitos que abordam o uso de exemplos reais para cálculo e simulação: RF 20;

Desta forma, pode-se comparar os softwares conforme suas linhas gerais, visto que seus campos de aplicação são diversos e possuem necessidades específicas.

### 3 METODOLOGIA DO TRABALHO

O presente trabalho tem como objetivo a construção de um software educativo para o cálculo de estabilidade de uma barragem por gravidade, onde o aluno deverá inserir os parâmetros de cálculo, a fim de ser verificada a sua segurança conforme itens discutidos previamente (seção 2.1). Em caso de fracasso na verificação, é simulado o tipo de rompimento correspondente por meio de uma animação, para melhor compreensão do aluno.

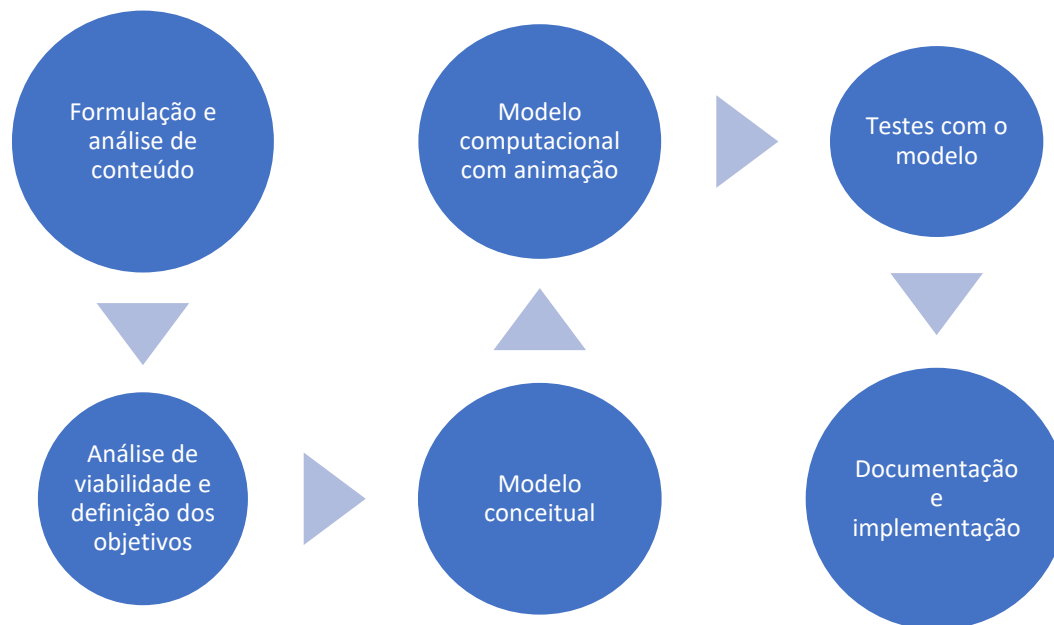
Dentre a bibliografia da área, é escolhida a abordagem de RANGEL (2015) para elaboração da metodologia, visto que apresenta a proposta que melhor representa o presente trabalho por focar na animação como recurso didático.

Conforme aponta RANGEL (2015), existem várias metodologias aplicadas na construção de modelos de simulação a eventos discretos propostas pela bibliografia, todavia sem apresentar, de forma direta, os elementos necessários para a construção de um modelo de simulação para fins didáticos.

Ainda segundo RANGEL (2015), há três metodologias com larga aplicação e citações na área que merecem destaque na hora da elaboração de um modelo de simulação didático, a constar: Banks et al. (2010), Law (2007) e Freitas Filho (2008), apud RANGEL (2015), não havendo diferença de qualidade ou desempenho entre eles.

A partir da análise dessas metodologias, suas semelhanças e divergências, RANGEL (2015) propõe uma metodologia direta para simulação de modelos didáticos, composta das etapas: formulação e análise do conteúdo, análise de viabilidade e definição dos objetivos, modelo conceitual; modelo computacional com animação; testes com o modelo; documentação e implementação. A FIGURA 8 representa o fluxograma destas etapas.

FIGURA 8 – ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DE MODELO DE SIMULAÇÃO DIDÁTICO



FONTE: Os autores (2019)

O modelo supracitado proposto por RANGEL (2015) considera que o foco da proposta é a animação que pode ser obtida como recurso didático a partir de um software de simulação discreta, e não tratar por simulação um problema típico de um sistema dinâmico determinístico ou estocástico.

Diferentemente da proposta deste trabalho, RANGEL (2015) considera que um professor não especialista em simulação faria uso do modelo de simulação, criando modelos por meio de um ambiente de desenvolvimento com várias ferramentas gráficas e visuais, sem a necessidade de programação extensa.

Já o objeto do trabalho em questão é o aprendizado pelo aluno, em consonância com os conhecimentos apresentados pelo professor, e utilizando apenas as ferramentas oferecidas na aplicação final, sem a possibilidade, num primeiro momento, de criação ou modificação em outros ambientes de desenvolvimento.

Desta forma, as características gerais do software educativo proposto, GRAVITY DAMS, considerando os requisitos indicados por Oliveira (2001), estão descritas no QUADRO 2.

QUADRO 2 - INFORMAÇÕES GERAIS DO SOFTWARE EDUCATIVO

Nível de Ensino:	Superior em Engenharia Civil
Ano/Período/Série:	Variável (5º ao 8º período)
Disciplina:	Engenharia de Recursos Hídricos
Conteúdo:	Estabilidade de Barragens
Corrente Pedagógica (Teoria Educacional):	Escola Nova
Teoria de Aprendizagem:	Construtivista
Tipo de Objeto(s) de Aprendizagem (classificação para Software Educativo):	Simulador
Inclui Educação Inclusiva?	Não

FONTE: OS AUTORES, 2021.

Seguindo as etapas da metodologia apresentada, adota-se a seguinte estruturação:

- a) **FORMULAÇÃO E ANÁLISE DE CONTEÚDO:** segundo RANGEL (2015), corresponde ao levantamento da necessidade de abordar o conteúdo por meio de software, o que neste trabalho é discutido nas seções 1.1 e 1.2;
- b) **ANÁLISE DE VIABILIDADE E DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS:** segundo RANGEL (2015), corresponde ao estudo sobre a viabilidade da aplicação do software em sala de aula (infraestrutura), além da definição do objetivo a ser atingido com o software. Estes tópicos são abordados neste trabalho nas seções 1.3 e 1.4. Não são discutidas questões sobre infraestrutura, visto que o uso do software educativo é possível via celular, uma ferramenta que a maioria dos(as) alunos(as) das universidades já possuem;
- c) **MODELO CONCEITUAL:** segundo RANGEL (2015), tem o objetivo de traduzir os conceitos do sistema que se pretende modelar, dando a ele uma estrutura que irá orientar e facilitar sua transição para a modelagem computacional. Esta modelagem é abordada nas seções 3.1, 3.2 e 3.3;
- d) **MODELO COMPUTACIONAL COM ANIMAÇÃO:** segundo RANGEL (2015), é a tradução do conteúdo teórico modelado na forma conceitual para um software, apresentado no capítulo 5;
- e) **TESTES COM O MODELO:** segundo RANGEL (2015), os testes com o modelo são realizados com o propósito de validar a qualidade e a eficácia do modelo, a fim de verificar sua capacidade em representar os conceitos e a lógica do conteúdo teórico proposto. Também é verificado se as



etapas representadas no modelo conceitual estão coerentes com as programadas no modelo computacional. Além disto, é testada a qualidade visual da animação construída a partir do modelo. Estes itens são contemplados no capítulo 6;

- f) DOCUMENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO: segundo RANGEL (2015), corresponde a um relatório composto pelo modelo conceitual e o passo a passo da tradução para a forma computacional com o objetivo de relatar detalhes do seu desenvolvimento, permitindo sua reprodução por outro programador ou uma futura modificação. A rigor, corresponde à totalidade deste documento, visto que todas as etapas do desenvolvimento estão descritas e o mesmo permite sua reprodução por terceiros.

### 3.1 REQUISITOS DO SOFTWARE

As atividades de elicitação e análise de requisitos compreendeu quatro estágios, considerando as fases conceituadas por Sommerville (2011):

1. Descoberta de requisitos por meio de entrevista com especialista na área de recursos hídricos e análise de software correlatos. A técnica de entrevista aplicada neste trabalho caracterizou-se por diálogo formal, formato estruturado e estrutura de funil. A entrevista aplicada é apresentada no APÊNDICE 1;
2. A geração, classificação, organização e priorização dos requisitos consideraram a teoria de aprendizagem preconizada por Jean Piaget, o construtivismo, além da teoria educacional da Escola Nova de Dewey e Montessori. Para tanto utilizou-se a técnica de histórias do usuário de acordo com o APÊNDICE 2;
3. Especificação de requisitos de forma estruturada e com base em um formulário padrão no qual consta o código do requisito, a descrição, as entradas e de onde vieram, as saídas e os respectivos destinos, descrição da ação, pré-condições, pós-condições e efeitos colaterais. Assim chegou-se aos requisitos funcionais e não funcionais apresentados no APÊNDICE 3;
4. Desenho das telas utilizando a técnica de prototipação de baixa fidelidade, visão horizontal e abordagem descartável. Os protótipos

das telas são mostrados junto com as especificações de caso de uso no APÊNDICE 4.

### 3.2 LÓGICA DE FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE EDUCATIVO

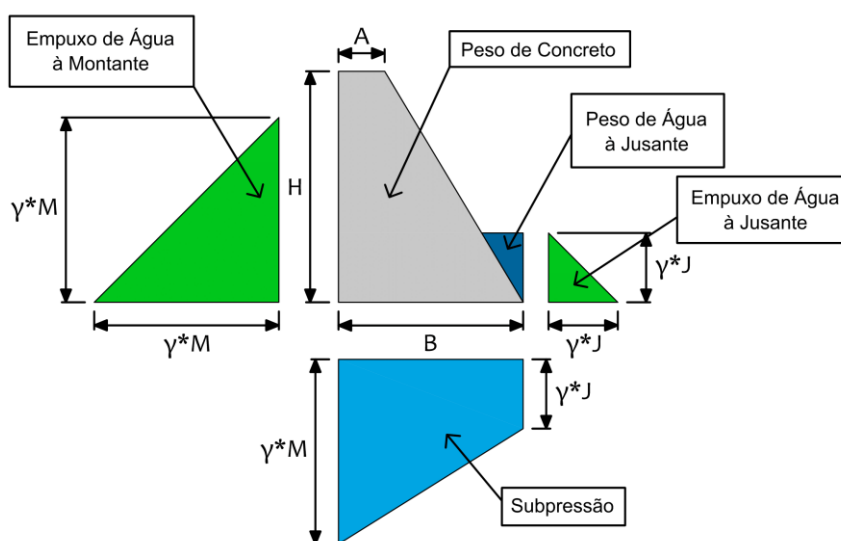
Os principais passos a serem seguidos na interação com o software educativo nas simulações de estabilidade (flutuação, tombamento, deslizamento e tensões na base) são os seguintes:

**Pré-configuração** – Definição dos coeficientes mínimos para cada caso de carregamento e para cada verificação (flutuação, tombamento e deslizamento). Coeficientes mínimos não podem ser inferiores a 1 (um). Além disso, informa-se a porcentagem mínima de área da base que deverá estar comprimida para cada caso de carregamento. Entretanto, há coeficientes mínimos padrões, conforme a TABELA 2.

**1º Passo** - Seleção da seção de estudo da barragem e inserção das respectivas dimensões geométricas, conforme FIGURA 1 e o Sistema Internacional de Unidades:

- Seção 1: a geometria é definida pela inserção das variáveis A, B e H e os níveis de água pelas variáveis M (à montante) e J (à jusante) (FIGURA 9).

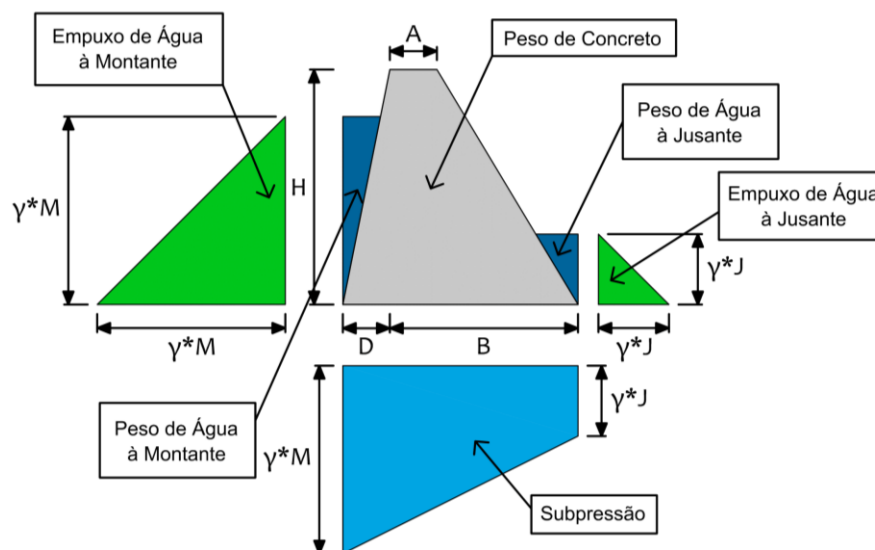
FIGURA 9 - FORÇAS HIDROSTÁTICAS NA SEÇÃO 1



FONTE: Os autores (2019)

Seção 2: a geometria é definida pela inserção das variáveis A, B, D e H e os níveis de água pelas variáveis M (à montante) e J (à jusante) (FIGURA 10).

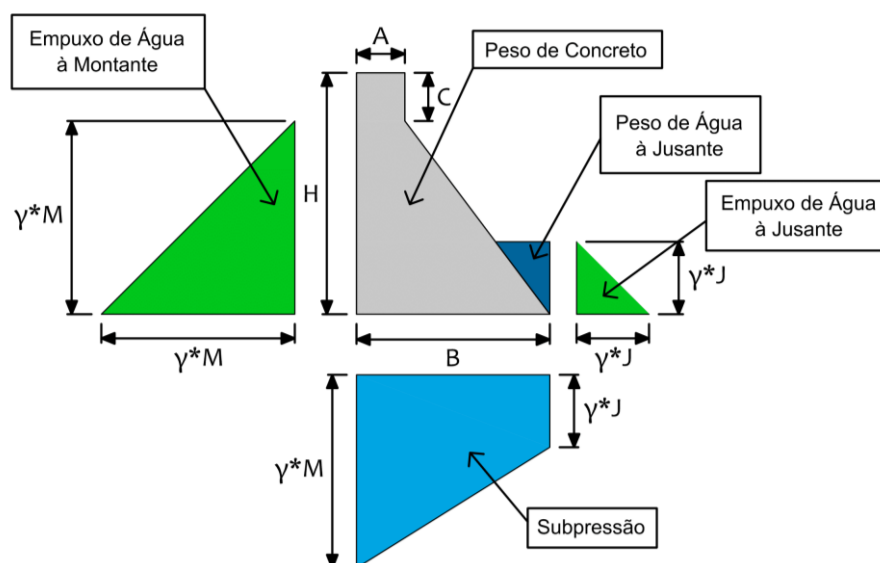
FIGURA 10 - FORÇAS HIDROSTÁTICAS NA SEÇÃO 2



FONTE: Os autores (2019)

- Seção 3: a geometria é definida pela inserção das variáveis A, B, C e H e os níveis de água pelas variáveis M (à montante) e J (à jusante) (FIGURA 11).

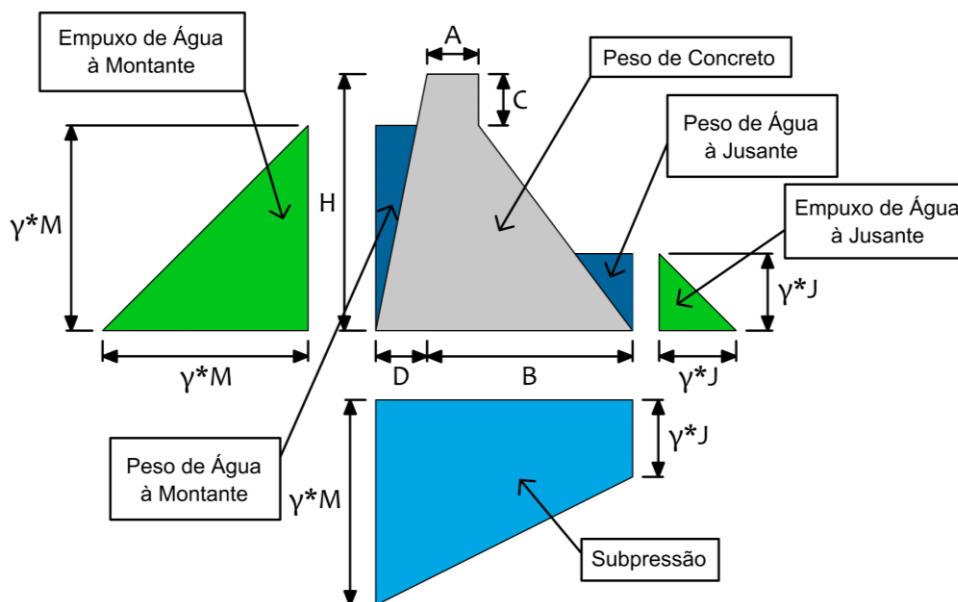
FIGURA 11 - FORÇAS HIDROSTÁTICAS NA SEÇÃO 3



FONTE: Os autores (2019)

- Seção 4: a geometria é definida pela inserção das variáveis A, B, C, D e H e os níveis de água pelas variáveis M (à montante) e J (à jusante) (FIGURA 12).

FIGURA 12 - FORÇAS HIDROSTÁTICAS NA SEÇÃO 4



FONTE: Os autores (2019)

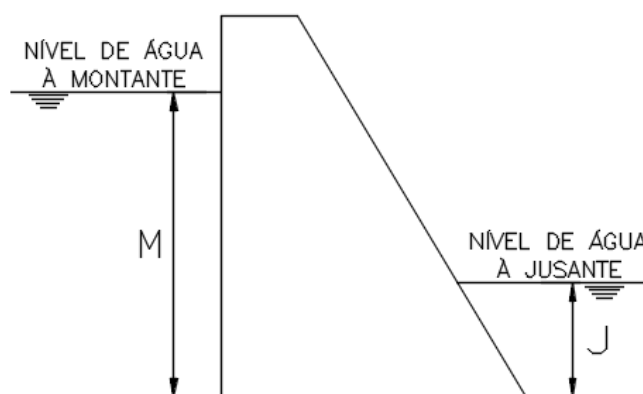
Os algoritmos que definem as verificações de estabilidade para estas seções estão contidos no APÊNDICE 5.

### 2º Passo - Definição dos seguintes dados iniciais:

- Pesos Específicos:** os pesos específicos da água e do material da barragem podem ser modificados pelo usuário;
- Parâmetros Geomecânicos:** são informados aqui o ângulo de atrito na interface concreto-rocha em graus e a coesão máxima admissível em  $\text{kN/m}^2$ .

**3º Passo** – Definição das respectivas alturas dos níveis de água (montante e jusante), sendo que o nível de água à montante (M) deverá ser sempre superior ao nível de água à jusante (J) (FIGURA 13). Posteriormente é feita a seleção do caso de carregamento correspondente aos níveis de água inseridos.

FIGURA 13 - NÍVEIS DE ÁGUA



FONTE: Os autores (2019)

Após o terceiro passo os seguintes elementos deverão ser apresentados para preenchimento do usuário para o caso de carregamento selecionado (Normal - CCN, Excepcional - CCE, Limite - CCL ou Construção - CCC):

- Desenho da seção de barragem com os parâmetros (A, B, C, D, H, M e J);
- Coeficientes (CSF, CST, CSD<sub>a</sub>, CSD<sub>c</sub>) e comparados com os respectivos coeficientes mínimos. No caso de CSD<sub>c</sub> a comparação não é feita com CSD<sub>cm</sub>, mas sim sempre com 1 (um);
- Porcentagem comprimida da base, antes e depois da abertura de fissura quando for o caso;
- Coesão Mínima Necessária, quando o coeficiente de deslizamento sem coesão não for atendido;
- Comprimento da abertura de fissura quando for o caso;
- Simulação do resultado correto de flutuação, tombamento e/ou deslizamento da barragem.

### 3.3 ANÁLISE DO SOFTWARE EDUCATIVO

A Unified Modeling Language (UML) é uma linguagem gráfica padrão para visualização, especificação, construção e documentação de artefatos de sistemas de software orientados a objetos. A modelagem de um sistema através da UML proporciona (BOOCH, RUMBAUGH e JACOBSON, 2005):

- Relacionar a estrutura ao comportamento do sistema;

- Visualizar e controlar a arquitetura do sistema;
- Melhor compreensão do que está sendo desenvolvido;
- O gerenciamento de riscos.

A UML é constituída por diversos tipos de diagramas, entre os quais destacam-se (BOOCH, RUMBAUGH e JACOBSON, 2005):

- Diagrama de Classes: exibe um conjunto de classes, interfaces e colaborações, bem como os respectivos relacionamentos;
- Diagrama de Casos de Uso: exibe um conjunto de casos de uso, atores e os respectivos relacionamentos;
- Diagrama de Sequência: exibe uma interação cuja ênfase está na ordenação temporal das mensagens.

Portanto, apresenta-se nesta seção os diagramas pertinentes a análise do software educativo proposto.

### 3.3.1 DIAGRAMA E ESPECIFICAÇÃO DE CASO DE USO

O diagrama de caso de uso resultante da análise dos requisitos funcionais é mostrado no APÊNDICE 6.

Com base no diagrama de caso de uso foi possível descrever as especificações, contidas no APÊNDICE 4. Nestas especificações também estão todos os feedbacks do sistema, os quais serão feitos na maioria das vezes por um mascote (nomeado “Dandan”) que possuirá várias variações de emoções e poses (FIGURA 14). O objetivo é tornar as simulações ainda mais interativas e o processo de ensino-aprendizagem mais atrativo.

FIGURA 14 – O MASCOTE



FONTE: Os autores (2021)

### 3.3.2 DIAGRAMA DE CLASSES

De acordo com as especificações de casos de uso, foi elaborado o diagrama de classes das classes de negócio, como pode ser visualizado no APÊNDICE 6.

### 3.3.3 DIAGRAMA DE CLASSES – INTERFACES

Além das classes de negócio, a aplicação faz uso de classes para suas interfaces (telas), que são representadas num diagrama de classes próprio, mostrado no APÊNDICE 6.

### 3.3.4 DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA

Foram modelados os diagramas de sequência para todos os casos de uso, apresentados no APÊNDICE 6.

## 3.4 AVALIAÇÃO DO SOFTWARE EDUCATIVO

As interfaces de um software de caráter educativo variam de acordo com a categoria e a abordagem pedagógica. A finalidade educacional requer atenção especial na fundamentação teórica-pedagógica. Fatores como o público-alvo, a forma de utilização e de apresentação do conteúdo e o estímulo à criatividade, imaginação, raciocínio, trabalho em grupo e o nível de envolvimento do usuário interferem na qualidade geral do software (VALENTE, 1999, p.111).

A avaliação de um software educativo pode ocorrer de duas maneiras principais: pela visão do professor ou pela visão do analista (podendo também ser avaliado pela visão do aluno). A avaliação pela visão do professor tem o objetivo de definir o melhor objeto de aprendizagem para um conteúdo específico de forma autoexplicativa, sem a necessidade de conhecimentos aprofundados em informática. Para tanto, diretrizes foram definidas nas quais os softwares são avaliados pedagogicamente e tecnicamente, conforme ANEXO 1 (RAETEGUI, BOFF e FINCO, 2010).

Já na visão do analista a avaliação é feita de forma técnica realçando conceitos de engenharia de software e ergonomia. Portanto, é uma avaliação que permite que projetistas definam requisitos com facilidade para alcançar a qualidade esperada. Oliveira (2001) propôs um método avaliativo que verifica a apresentação e funcionalidades, a confiabilidade, eficiência, manutenibilidade, portabilidade, usabilidade e o nível de correlação com o conteúdo a ser estudado. Por meio da soma das pontuações obtidas (máximo de 187 pontos) o software é classificado como insatisfatório, regular, bom ou excelente, conforme ANEXO 2.

Após a implementação do software educativo foram feitas as avaliações pela visão do professor conforme Raetegui, Boff e Finco (2010) e pela visão do analista conforme Oliveira (2001).



## 4 TECNOLOGIAS APLICADAS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Esta seção descreve as principais tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da aplicação. A saber:

- Edição de diagramas UML: Astah Community;
- Prototipação das telas: Mockplus;
- Ambiente de desenvolvimento integrado (IDE): Android Studio;
- Linguagem de programação: Java 8.0;
- Armazenamento de dados: Google Cloud (Firebase);
- Infraestrutura de desenvolvimento: computador com placa de vídeo dedicada e sistema operacional Windows 10 Pro;
- Controle de versões: GitHub.

Dentre estas são destacadas as mais importantes nas seções 4.1 a 4.4.

### 4.1 Linguagem de programação Java 8.0

No início dos anos 1990 utilizar o poder do computador em atividades cotidianas era uma visão radical. No entanto, em 1991, uma equipe de engenheiros autodenominada “Equipe Verde” e liderada por James Gosling criou uma linguagem de programação revolucionária: o Java. Em 1995, a equipe anunciou que o navegador de internet chamado Netscape Navigator incorporaria a tecnologia Java. Hoje o Java não está apenas na internet, mas também em muitos sistemas embarcados como em smartphones, impressoras, veículos e até em eletrodomésticos (ORACLE, 2019a).

A plataforma de desenvolvimento em Java é conhecida como Java Enterprise Edition (Java EE) a qual possui inúmeras bibliotecas que facilitam o desenvolvimento. Constantemente esta plataforma sofre atualizações através das JSRs (Java Specifications Requests) que somente são publicadas após discussão na comunidade de especialistas do setor (ORACLE, 2019b).

## 4.2 Sistema Operacional Android

Baseado no kernel Linux, o Android foi inicialmente proposto por Andy Rubin para ser um sistema operacional (SO) inteligente para câmeras digitais, mas que após ser adquirido pelo Google em 2005, acabou se tornando o principal SO para dispositivos móveis com tela sensível ao toque, tais como smartphones e tablets. Isto porque o Android foi desenvolvido em parceria com grandes marcas destes aparelhos para se tornar uma plataforma única e personalizável. Cada versão possui um codinome de doce e um nível de API correspondente (TECMUNDO, 2017).

Os aplicativos para Android que estendem as funcionalidades dos dispositivos são desenvolvidos na linguagem de programação Java. Cada aplicativo é executado em uma instância de uma máquina virtual, que, por sua vez, reside em um processo gerenciado pelo kernel Linux. Eles são implementados contendo as informações de configuração necessárias para que sejam instalados corretamente no dispositivo, incluindo permissões necessárias para execução. Tal segurança declarativa ajuda a reduzir a probabilidade de um aplicativo perigoso causar danos no dispositivo (IBM, 2021).

A plataforma oficial de desenvolvimento destes aplicativos é o Android Studio. Desta forma, o software educativo objeto deste trabalho será desenvolvido em Java, na plataforma Android Studio e utilizando a API 23 (Marshmallow), uma vez que esta versão cobre 84,9% dos dispositivos em 2020, de acordo com a própria plataforma.

## 4.3 Google Cloud

O Google Cloud é um serviço de computação em nuvem disponibilizado pelo Google, originado em 2008 através do lançamento da Google App Engine – uma ferramenta de desenvolvimento que possibilitava a execução de aplicações web utilizando a infraestrutura do Google. Em 2011 foi disponibilizada para o público, e a partir de então passou a ser aprimorada com mais serviços sob o nome de “Google Cloud Platform”. (A CLOUD GURU, 2021)

Estes serviços são disponibilizados em máquinas virtuais como forma do consumidor não precisar alocar recursos próprios para usá-los. Assim,

consegue-se tanto economizar o capital inicial de investimento, quanto só pagar pelo tempo de utilização destes serviços.

A plataforma oferece uma gama enorme de produtos, como IA e Machine Learning, Gerenciamento de API, Computação dedicada, Contêineres, Análise de Dados, Banco de Dados, Ferramentas para Desenvolvedores, e muitos mais (GOOGLE CLOUD, 2021).

Dentre eles, também se utiliza a plataforma Firebase, que é desenvolvida pelo Google para criação de aplicações mobile e web. Tem sua base construída na arquitetura Google, sendo categorizado como banco de dados NoSQL com armazenamento de dados em documentos tipo JSON (GEEKHUNTER, 2021)

Possui um grande conjunto de ferramentas de desenvolvimento, como o Realtime Database, Cloud Firestore, e Firebase Cloud Functions, que proporcionam uma ampla gama de funções, armazenamento de dados estruturados em documentos, sincronização com aplicativos correspondentes e resposta a eventos da plataforma sem precisar diretamente de nenhum servidor (GEEKHUNTER, 2021).

#### 4.4 Infraestrutura de Desenvolvimento

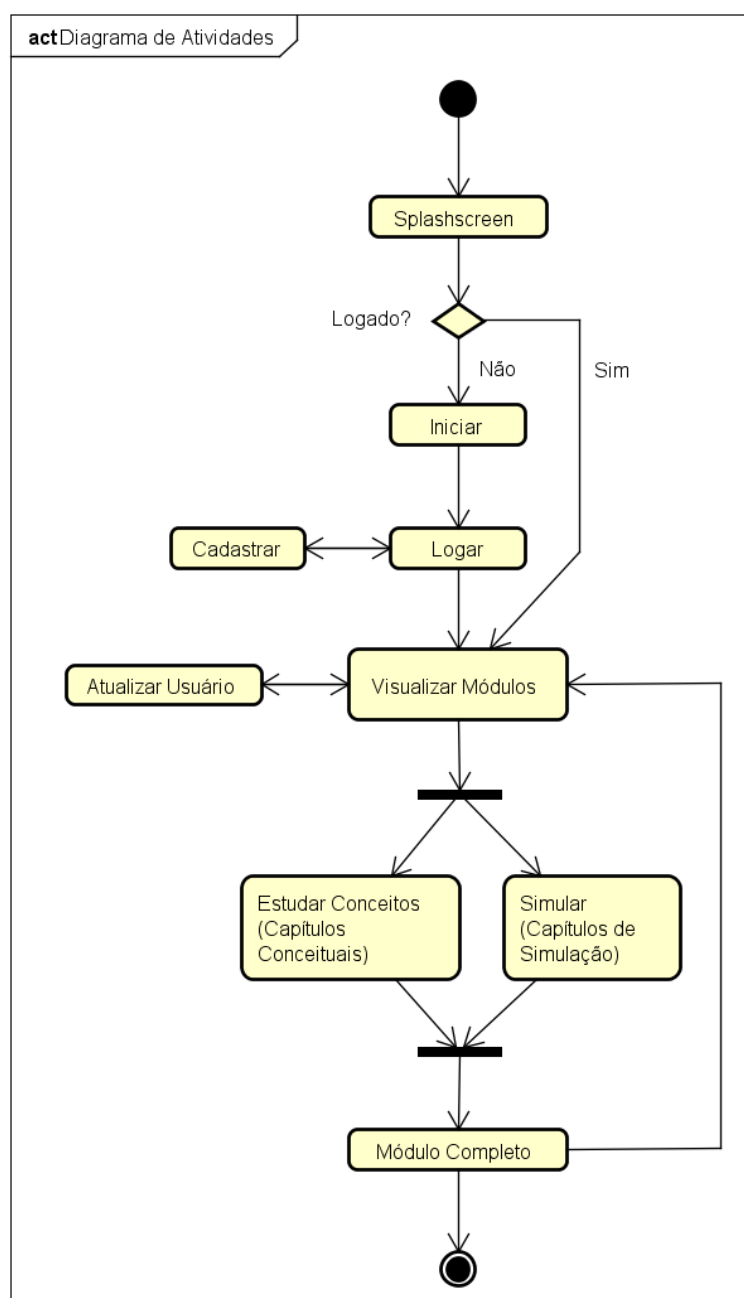
A máquina utilizada para o desenvolvimento do software educativo contém as seguintes especificações:

- Nome da máquina: Bruno;
- Proprietário: Bruno Colodel;
- Tipo: Desktop;
- Sistema Operacional: Windows 10 Pro 64 bits;
- Memória RAM: 8,00 GB;
- Processador: AMD FX-8320E Eight-Core 3,20GHz;
- Espaço de armazenamento: 480GB (SSD) + 1TB (HD);
- Placa de vídeo dedicada: Radeon R7 260X 2GB.

## 5 APRESENTAÇÃO DO SOFTWARE EDUCATIVO

Para apresentação do software educativo, foi testado seu uso em um dispositivo com sistema operacional Android 10 (API 29), com um novo usuário, considerando os fluxos principais dos casos de usos. Na FIGURA 15 é mostrado um fluxograma do caminho principal que pode ser percorrido no software.

FIGURA 15 – FLUXOGRAMA DO CAMINHO PRINCIPAL PERCORRIDO NO SOFTWARE

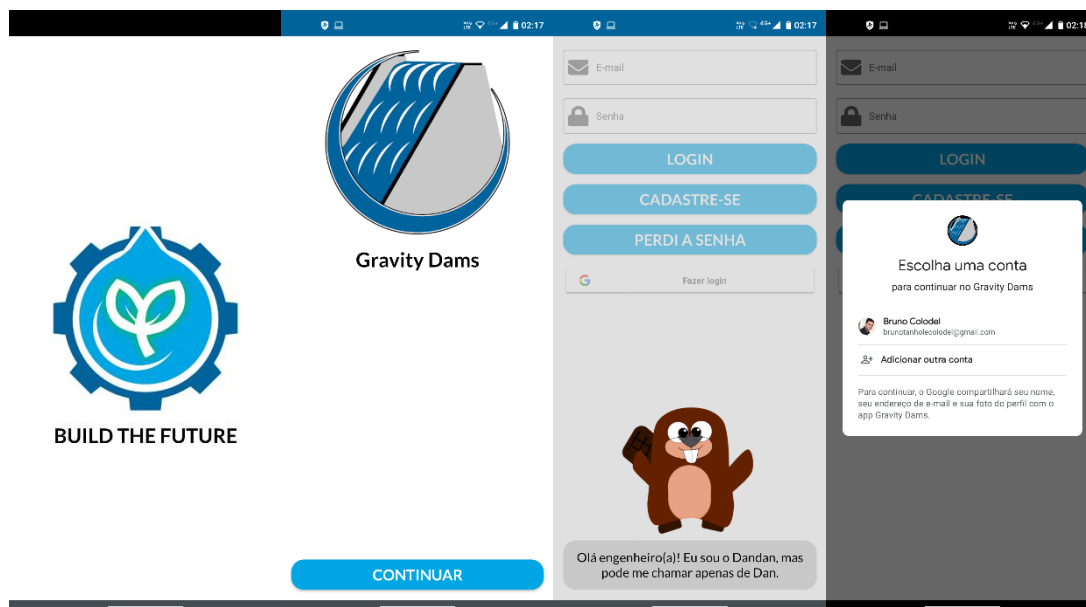


powered by Astah

FONTE: Os autores (2021)

1. *Splashscreen*, iniciar e logar: neste teste o método de login utilizado foi via conta Google (FIGURA 16).

FIGURA 16 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DAS TELAS INICIAIS



FONTE: Os autores (2021)

2. Guia de apresentação inicial: módulos e configurações (FIGURA 17).

Os conteúdos presentes em Gravity Dams (ementa) são os mesmos descritos na revisão de literatura deste trabalho. Eles foram divididos em módulos de modo que o aluno possa progredir em seu aprendizado de forma gradual. Cada módulo possui uma série de capítulos conceituais (indicados pelo desenho de um livro) e de simulação (indicados pelo desenho de uma lâmpada), conforme QUADRO 3.

Nesta versão inicial, o software educativo contempla todos os conteúdos básicos e essenciais para verificação de estabilidade de barragens à gravidade. Entretanto, novos módulos poderão ser adicionados em trabalhos futuros.

QUADRO 3 – MÓDULOS DO SOFTWARE EDUCATIVO

MÓDULO	CAPÍTULO	TIPO
Introdução	Barragens	Conceitual
	Barragens à Gravidade	Conceitual
	Centro de Massa	Simulação
Forças de Pressão	Hidrostática x Hidrodinâmica	Conceitual
	Pressões Hidrostáticas	Simulação
Ações	Casos de Carregamento	Conceitual
	Combinando Ações	Simulação
Forças Verticais	Gravitacionais	Conceitual
	Subpressão	Conceitual
	Flutuação	Simulação
Momentos Atuantes	Estabilizantes	Conceitual
	Desestabilizantes	Conceitual
	Tombamento	Simulação
Forças Horizontais	Deslizamento com Atrito	Conceitual
	Deslizamento com Coesão	Conceitual
	Deslizamento	Simulação
Abertura de Fissura	Máxima e Mínima	Conceitual
	Abertura de Fissura	Conceitual
	Tensões	Simulação

FONTE: OS AUTORES, 2021.

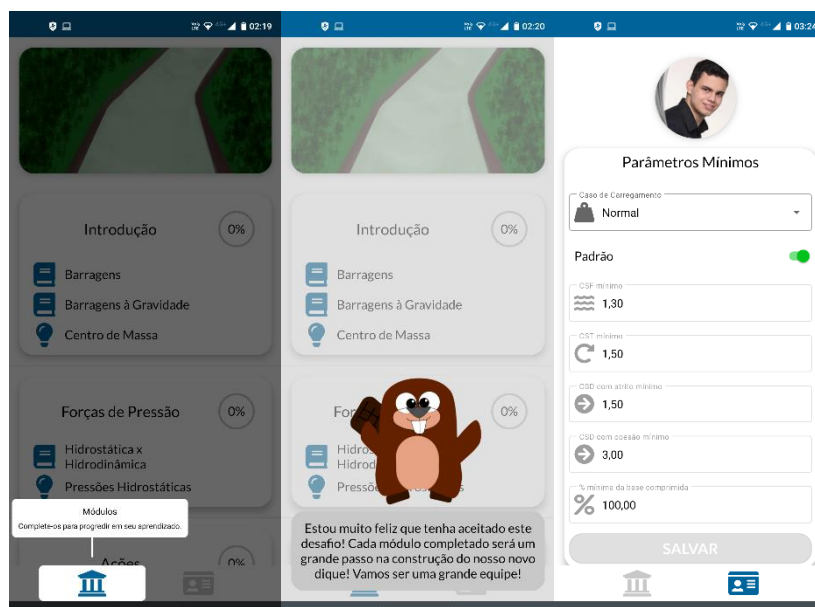
Este software educativo também possui configurações padrão que podem ou não ser modificadas pelo usuário, conforme QUADRO 4.

QUADRO 4 – CONFIGURAÇÕES INICIAIS DO SOFTWARE EDUCATIVO

ATRIBUTO	PADRÃO	MODIFICÁVEL?
Coeficientes Mínimos	Eletrobrás (2003)	Sim
Unidades	Sistema Internacional	Não
Tolerância nas Simulações	$\pm 1\%$	Não
Local	Brasil	Não

FONTE: OS AUTORES, 2021.

FIGURA 17 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DA INTRODUÇÃO APÓS LOGIN

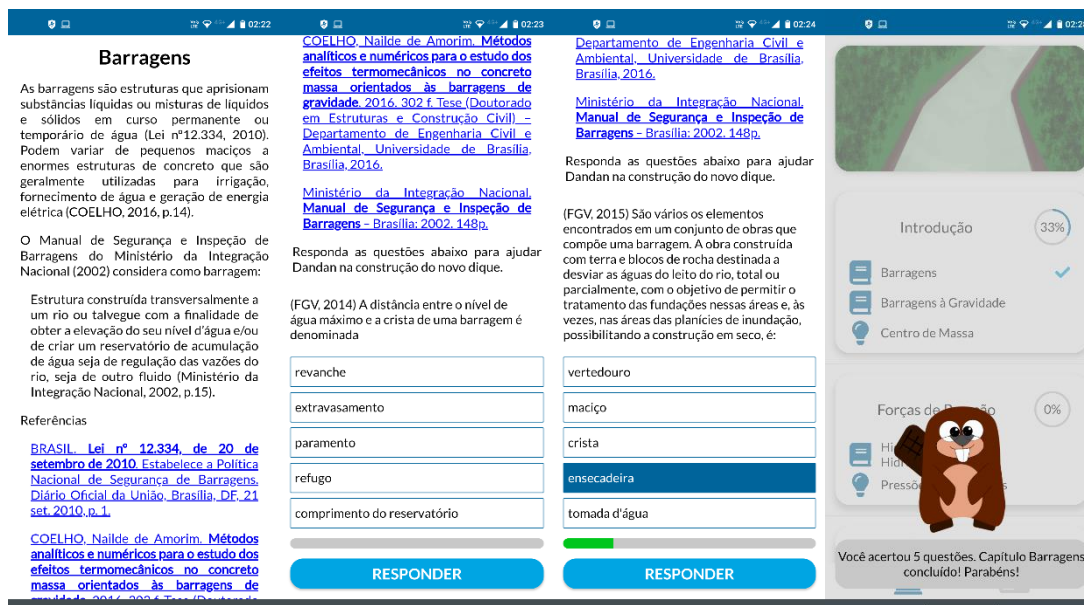


FONTE: Os autores (2021)

### 3. Capítulo Conceitual (FIGURA 18)

É recomendável que o aluno siga a ordem dos módulos e dos capítulos, apesar do software educativo permitir o acesso às simulações a qualquer tempo. A justificativa para isto é a de possibilitar que alunos com certo conhecimento possam ir diretamente aos capítulos de interesse. Desta forma, é de fundamental importância o estudo dos capítulos conceituais pelos leigos antes de prosseguir às simulações. Além disso, deve ser feita a complementação dos estudos a partir das referências “linkadas”.

FIGURA 18 – SEQUÊNCIA DE PRINTS EM CAPÍTULO CONCEITUAL



FONTE: Os autores (2021)

4. Capítulo Simulação: Para as simulações adotou-se parâmetros de teste conforme TABELA 3. Os resultados correspondentes são apresentados na TABELA 4.

TABELA 3 – PARÂMETROS DE TESTE DAS SIMULAÇÕES

Parâmetro	Valor
Seção transversal	1
A	2m
B	7m
H	10m
Peso específico do material	24 KN/m <sup>3</sup>
Peso específico do fluido	10 KN/m <sup>3</sup>
Ângulo de atrito ( $\phi$ )	30°
Coesão máxima admissível	200 KN/m <sup>2</sup>
M	10m
J	3m
Caso de carregamento	Normal



TABELA 4 – RESPOSTAS DO TESTE DAS SIMULAÇÕES

Simulação	Variável a ser calculada	Resposta	
Centro de Massa	Peso com largura unitária	1080 KN	
	CGX (coordenada X)	4,52m	
	CGY (coordenada Y)	4,07m	
Pressões Hidrostáticas	Empuxo à montante	500 KN	
	CGY (empuxo à montante)	3,33m	
	Momento (empuxo à montante)	negativo	
	Empuxo à jusante	45 KN	
	CGY (empuxo à jusante)	1,00m	
	Momento (empuxo à jusante)	positivo	
	Peso de fluido à jusante	22,5 KN	
	CGX (peso de fluido à jusante)	0,50m	
	Momento (peso de fluido à jusante)	positivo	
Flutuação	Subpressão	455 KN	
	CGX (subpressão)	4,13m	
	Momento (subpressão)	negativo	
	CSF	2,42	
Tombamento	Soma dos momentos estabilizantes	4936,25 KNm	
	Soma dos momentos desestabilizantes	3545 KNm	
	CST	1,39	
Deslizamento	Soma das forças horizontais	455 KN	
	CSD com atrito	0,82	
	Soma das forças verticais	647,5 KN	
	Coesão mínima necessária	88,19 KN/m²	
	CSD com coesão	1,57	
Tensões na Base	Tensão mínima	-199,64 KN/m²	
	Sem fissura	Tensão máxima	14,64 KN/m²
		% da base comprimida	93,17%
	Fissura	0,89m	
	Tensão mínima	-201,78 KN/m²	
	Tensão máxima	0 KN/m²	
	% da base comprimida	87,27%	
	Com fissura	CSF	2,27
		CST	1,34
		CSD com atrito	0,78
		CSD com coesão	1,42

Em determinadas simulações (flutuação, tombamento, deslizamento e tensões), o software educativo simula ilustrativamente, através de animações não realísticas, o que aconteceria com a barragem de acordo com os parâmetros de entrada escolhidos pelo aluno (TABELA 3). É importante notar que as animações somente são apresentadas quando o aluno responde corretamente as variáveis solicitadas (TABELA 4), pois as simulações sempre estão de acordo com as respostas corretas (calculadas pelo sistema). Isto significa que quando determinado coeficiente mínimo não é atingido ocorre o dano associado a verificação atual. Quando a barragem é estável, então é mostrada uma animação com fogos de artifício, simbolizando o sucesso na verificação.

Primeiramente, todas as simulações são antecedidas da tela de seleção da “Seção de Estudo” com a finalidade de mostrar os diagramas correspondentes na respectiva simulação (FIGURA 19).

FIGURA 19 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DA ESCOLHA DA SEÇÃO DE ESTUDO



FONTE: Os autores (2021)

Posteriormente, na simulação em si, há feedbacks correspondentes às respostas dadas pelo usuário, feitos pelo mascote (FIGURA 20).

FIGURA 20 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DA SIMULAÇÃO DE CENTRO DE MASSA



FONTE: Os autores (2021)

Nas principais simulações, o usuário também passa pelas telas de níveis de água e escolha do caso de carregamento (FIGURA 21).

FIGURA 21 – SEQUÊNCIA DE PRINTS DA SIMULAÇÃO DE FLUTUAÇÃO

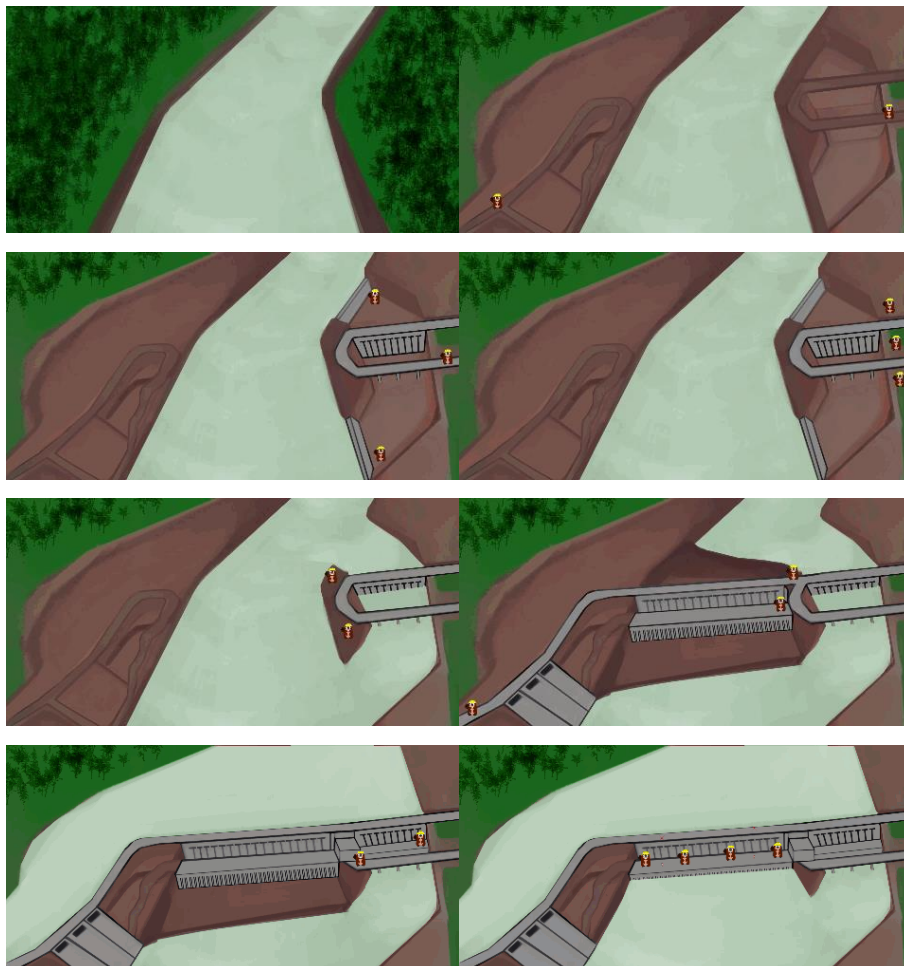


FONTE: Os autores (2021)

O software educativo possui uma história interativa na qual o objetivo é ajudar o castor Dandan (mascote) na construção de uma barragem visando gerar hidroeletricidade. O andamento desta obra é mostrado na parte superior da tela

de visualização dos módulos. A cada módulo completado a obra avança para próxima fase, conforme FIGURA 22.

FIGURA 22 – NÍVEIS DA OBRA DA USINA HIDRELÉTRICA



FONTE: Os autores (2021)

O controle de versões deste software educativo foi feito a partir da plataforma GitHub. Os detalhes de como instalar a última versão, bem como o manual de instalação estão descritos no APÊNDICE 7.

## **6 AVALIAÇÃO DO SOFTWARE EDUCATIVO**

As avaliações foram solicitadas para um professor especialista no assunto abordado pelo software e um programador convidado, e o resultado está apresentado na FIGURA 23 e na FIGURA 24.

Na visão do analista o software educativo foi classificado como excelente atingindo a pontuação de 155 pontos de 187 possíveis. O quesito com menor pontuação foi “Portabilidade” devido ao software educativo ser executado somente em sistema operacional Android.

Na visão do professor especialista o software educativo obteve a pontuação de 29 de 34 possíveis.

**FIGURA 23 - FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE PREENCHIDO -  
VISÃO DO PROFESSOR - DANIEL HENRIQUE MARCO DETZEL**

Avaliador: Daniel Henrique Marco Detzel  
 Título Acadêmico: Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental  
 Ano de Obtenção: 2015  
 Área de Concentração: Engenharia de Recursos Hídricos  
 Linha de Pesquisa: Estudos Energéticos

**DIRETRIZES DE AVALIAÇÃO DE SWE (ASPECTOS PEDAGÓGICOS)**

				SIM	NÃO
PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA	Abordagem Comportamentalista	1.1	Apresenta informações em seções breves?	X	
		1.2	Testa o aluno após cada seção?	X	
		1.3	Fornece recompensa para respostas corretas?	X	
		1.4	Só permite seguir para outro nível se obtiver resposta esperada do aprendiz?	X	
		1.5	Propõe questões que incentivam a memorização?	X	
		1.6	Obriga o aluno, no caso de erros, a retornar ao ponto anterior?	X	
	Abordagem Construtivista	1.7	Propõe situações-problema que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou a comparação?	X	
		1.8	Apresenta recursos (como exercícios, alternativas de navegação) que favorecem a capacidade de elaboração a partir da ação e reflexão?	X	
		1.9	Apresenta diferentes caminhos para solucionar um determinado problema?	X	
		1.10	Possibilita o registro e a consulta às ações desenvolvidas, permitindo que o aluno reveja e retome seu processo de construção do conhecimento?		X
		1.11	Instiga a procura de outras informações em diferentes fontes de pesquisa?	X	
	Abordagem Sociointeracionista	1.12	Promove debate sobre os tópicos trabalhados com outros alunos, ou com o próprio professor?		X
		1.13	Dispõe de ferramentas de comunicação que permitam a interação entre os estudantes, fomentando a formação de grupo?		X
ADAPTAÇÃO	Atenção aos estilos de aprendizagem	1.14	Provê alternativas de apresentação das informações que se adaptam a alunos com diferentes estilos de aprendizagem?	X	
	Adequação da forma de a apresentação dos conteúdos	1.15	Apresenta os conteúdos de maneira apropriada, podendo adequar sua utilização ao nível de conhecimento de cada aprendiz?	X	
		1.16	Propõe desafios sem gerar ansiedade?	X	

FONTE: RAETEGUI, BOFF e FINCO, 2010



Assinatura do Avaliador

## DIRETRIZES DE AVALIAÇÃO DE SWE (ASPECTOS TÉCNICOS)

				SIM	NÃO
REQUISITOS	Robustez	2.1	É isento de erros?	X	
		2.2	No caso de problemas inesperados, o objeto continua sua execução, permitindo ao usuário completar sua tarefa?	X	
		2.3	O uso intensivo da aplicação, principalmente num contexto em rede com muitos usuários, mantém seu desempenho?	-	
	Portabilidade	2.4	O objeto de aprendizagem pode ser utilizado em computadores com configurações diversas, das mais simples até as mais sofisticadas?	X	
		2.5	O objeto pode ser utilizado em computadores com diferentes sistemas operacionais (ex. Linux, Windows, MacOS)?	-	
INTERFACE	Emprego de Imagens	2.6	As imagens são empregadas para ilustrar conceitos e explicações ao invés de apenas decorar as páginas?	X	
		2.7	O número de imagens apresentados em cada página é adequado, considerando-se que a presença excessiva de imagens pode gerar sobrecarga cognitiva - terminando por prejudicar os processos de aprendizagem?	X	
	Apresentação de informações	2.8	Há contraste suficiente entre fontes e fundo de tela, facilitando a leitura dos textos?	X	
		2.9	As fontes utilizadas apresentam tamanho adequado, ou permitem que sejam aumentadas/diminuídas de acordo com a necessidade de cada usuário?	X	
		2.10	Textos longos são alinhados à esquerda (ao invés de centralizados ou alinhados à direita)?	X	
		2.11	Há consistência visual na apresentação de informações (títulos, formatação/ disposição dos textos e recursos gráficos)?	X	
	Orientação e navegação	2.12	A todo o momento é possível saber em que ponto nos encontramos no objeto de aprendizagem, através de seus rótulos e títulos?	X	
		2.13	Os links para acessar outras páginas e funções do objeto de aprendizagem são facilmente reconhecíveis, através do uso de convenções universais (ex. links sublinhados ou em negrito, botões facilmente identificáveis)?	X	
		2.14	Os ícones que dão acesso a outras páginas e funções do objeto são facilmente compreensíveis?	X	
	Interatividade	2.15	Os recursos interativos empregados vão além da seleção links e botões para avançar ou recuar na apresentação dos conteúdos?	X	
		2.16	Os recursos interativos exploram a possibilidade do usuário alterar configurações do sistema de modo a obter respostas diferentes de acordo com suas ações?	X	
	Estética	2.17	O objeto de aprendizagem emprega recursos gráficos que melhoram o aspecto estético da interface, tornando mais agradável?	X	
	Afetividade	2.18	Existem componentes na interface do objeto de aprendizagem que explorem a expressão de estados afetivos, por exemplo através de personagens estáticos ou animados?	X	

FONTE: RAETEGUI, BOFF e FINCO, 2010

Assinatura do Avaliador

**FIGURA 24 - FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE PREENCHIDO -  
VISÃO DO ANALISTA – PAULO EDUARDO GRIGONIS TEDESCO DA SILVA**

Analista: Paulo Eduardo Grigonis Tedesco da Silva

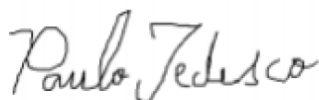
Empresa: Sinqia

Profissão/Cargo: Desenvolvedor Jr.

Tipo de Análise	Respostas Possíveis		
	Não	Às vezes	Sim
Apresentação e Funcionalidades	0	1	2
Confiabilidade	0	1	2
Eficiência	0	1	2
Manutenibilidade	0	1	2
Portabilidade	0	1	2
Usabilidade	0	1	2
Conteúdo	0	3	5

APRESENTAÇÃO E FUNCIONALIDADES	ATRIBUTOS		
	0	1	2
O manual é adequado e claro quanto ao conteúdo?	X		
Apresenta as exigências de hardware?	X		
E de fácil instalação?		X	
Está de acordo com as finalidades e objetivos propostos?			X
É mais eficaz do que outra metodologia para atingir os objetivos a que se propõe?			X
Interage com os sistemas especificados?			X
Suas funções são apropriadas para as tarefas especificadas?			X
Gera resultados ou efeitos corretos de acordo com a especificação?			X
Evita acesso não autorizado, acidental ou deliberado, a programas e dados?			X
O software declara a sua corrente pedagógica?			X
O software apresenta qual a faixa etária do seu público-alvo?	X		
Subtotal (máximo = 22 pontos)			

CONFIABILIDADE	ATRIBUTOS		
	0	1	2
Há ausência de falhas?			X
Mantém o nível de desempenho na ocorrência de falhas?			X
Recupera os dados quando ocorrem falhas?			X
Subtotal (máximo = 6 pontos)			



Assinatura do Avaliador

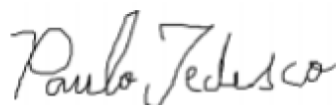


<b>EFICIÊNCIA</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
O tempo de resposta ao comando das funções é rápido?			X
Dispensa outros recursos {impressora, discos flexíveis} para ser usado?			X
Subtotal (máximo = 4 pontos)			

<b>MANUTENIBILIDADE</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
É fácil perceber quando houve uma falha?			X
É fácil modificar, remover defeitos ou adaptá-lo a mudanças de ambientes?			X
Permite a aplicação de alguma modificação sem que ocorram efeitos inesperados?			X
É fácil o teste quando se faz alguma modificação?			X
Subtotal (máximo = 8 pontos)			

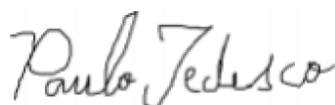
<b>PORTABILIDADE</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
É fácil adaptar a outros ambientes especificados?	X		
É fácil instalar em outros ambientes?	X		
É fácil substituir um outro software dentro do ambiente do mesmo?		X	
Subtotal (máximo = 6 pontos)			

<b>USABILIDADE</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
O programa proporciona facilidade no entendimento do conceito e aplicação?		X	
É fácil a sua aplicação?		X	
É fácil o controle e a operação?			X
Permite a realização de diferentes observações incorporadas ao objeto?			X
As diferentes observações incorporadas ao objeto são imediatas?			X
Permite desenvolver e testar hipóteses?			X
Permite a análise de resultados depurando os conceitos?			X
Permite o uso simultâneo por grupos de alunos?		X	
Subtotal (máximo = 16 pontos)			



Assinatura do Avaliador

CONTEÚDO	ATRIBUTOS		
	0	3	5
Transmite conceitos adequados?			X
O software utiliza adequadamente a linha pedagógica proposta?			X
Tem uma variedade de níveis de dificuldade?			X
Os alunos podem chegar a determinados pontos sem seguir uma sequência obrigatória?			X
Estão previstas apresentações adicionais se necessárias?		X	
As instruções são claras e lógicas?		X	
O software utiliza bem o gráfico?			X
O software utiliza bem o som?	X		
O software utiliza bem a cor?		X	
Permite manipular vários dados com a utilização de um eventual banco de dados possivelmente modificáveis?			X
Apresenta exercícios de níveis diferentes, relacionados com o conteúdo estudado?			X
Utiliza a correção da ortografia e gramática?		X	
De acordo com o conteúdo, o software utiliza alguma simulação?			X
Permite a interação de diferentes observações incorporadas ao objeto?			X
Ajusta-se aos objetivos curriculares?			X
Faz questionamentos ao usuário relacionados às respostas dadas durante a sua utilização?		X	
Apresenta a avaliação final com os resultados obtidos pelo usuário?			X
A avaliação é compatível com a corrente pedagógica?			X
Apresenta "feedback"?			X
A linguagem está adequada para a faixa etária a que se propõe?			X
O material visual (figuras, gráficos, simulações) está adequado à faixa etária?			X
Apresenta links que permitam ao usuário buscar mais informações sobre o assunto?			X
Os conteúdos são trabalhados de forma interdisciplinar?		X	
De acordo com os resultados obtidos, o programa apresenta quais os assuntos a serem revisados?			X
É interativo?			X
Subtotal (máximo = 125 pontos)			



Assinatura do Avaliador

## 7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Barragens a gravidade são elementos importantes em diversas aplicações de engenharia, necessitando um aprendizado cuidadoso para que futuras tragédias sejam evitadas. Esse aprendizado pode, e deve, ser auxiliado por novas tecnologias para ajuda ao aluno, e o software educativo proposto neste trabalho é de grande valia como agregador de fácil acesso para os conteúdos mais importantes, e como ferramenta de auxílio ao cálculo.

Além disso, a popularização no uso de celulares smartphone, com amplos recursos computacionais e facilidade de instalação de aplicativos torna possível adotar uma estratégia de maior inclusão digital no aprendizado, como realizado neste trabalho.

O uso da teoria da Escola Nova foi primordial no estabelecimento dos objetivos da aplicação, e em como proporcionar ao aluno o estímulo correto para aprendizagem.

Somado a isso, a utilização de estratégias adequadas na obtenção, e posterior análise dos requisitos do software educativo, possibilitou a elaboração de uma arquitetura de software amigável ao desenvolvimento, e também ao usuário.

Todo esse preparo culminou numa ferramenta capaz de simulações simples conforme as entradas de valores dos usuários, muito propícia à construção de conhecimento por experimentação.

Foi considerada também a avaliação de professor especialista na área abordadas, com feedback fundamental a aprimoração do software educativo.

Finalmente, todo o material elaborado neste trabalho é o passo inicial na criação de uma série de aplicações intitulada “Build the Future”, com o intuito de auxiliar o ensino de engenharia em novos tópicos. O nosso aprendizado com a elaboração do “Gravity Dams” foi, portanto, fundamental para avaliar os conhecimentos necessários ao desenvolvimento dos próximos softwares da série.

Neste trabalho foi contemplado apenas o necessário para atingir o objetivo primário de verificação de estabilidade de barragens à gravidade no Brasil. No entanto, várias são as possibilidades de complementação e implementação de novas funcionalidades. Entre elas:

- Redução do requisito de API: Marshmallow (API 23) para KitKat (API 19);
- Recompensa final: quando o usuário atinge 100% de conclusão de conteúdo, são disponibilizados:
  - Uma calculadora na qual o próprio software educativo apresenta todos os resultados (sem que o usuário necessite fazer qualquer cálculo);
  - Ferramenta de otimização automática de seção. Isto é, o usuário informa todas as dimensões exceto uma. O sistema procura qual é a dimensão mínima necessária para que a barragem passe em todas as verificações.
- Internacionalização do app através da implementação de novos arquivos HTML contendo referências às normas locais, além da tradução para a língua local, adaptação dos números decimais e conversão de unidades;
- Análise de sismos, onde devem ser consideradas pressões hidrodinâmicas;
- Deslizamento para uma base situada num plano não horizontal;
- Análises com variações na subpressão através de galerias de drenagem;
- Casos especiais, onde há terra causando pressões hidrostáticas;
- Acréscimo do módulo de desafios, onde são calculados casos referentes a obras existentes;
- Adição da análise de estabilidade de perfil Creager (o perfil de vertedouro mais conhecido);

## REFERÊNCIAS

A CLOUD GURU. **The History of Google Cloud Platform | A Cloud Guru**. Disponível em: <<https://bit.ly/35mPwTR>> Acessado em: 07 jan. 2021.

ABREU, Luiz Carlos; et al. **A epistemologia genética de Piaget e o construtivismo**. Revista Brasileira Crescimento e Desenvolvimento Humano 2010; 20(2): 361-366.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de; et al. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 1998. 669 p.

BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar. **UML: Guia do Usuário**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

BRASIL. **Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 set. 2010, p. 1.

COELHO, Maria Santos; et al. **Uso do simulador PRO/II como ferramenta didática auxiliar no curso de engenharia química do IFBA**. Engenharia no século XXI, vol. 2, p. 155-163, Editora Poisson, 2019. Disponível em: <<https://www.poisson.com.br/livros/engenharia/volume2/ESEC2.pdf>>. Acesso em: 2 de ago. 2020.

COELHO, Nailde de Amorim. **Métodos analíticos e numéricos para o estudo dos efeitos termomecânicos no concreto massa orientados às barragens de gravidade**. 2016. 302 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/22990>>. Acesso em: 20 de nov. 2019.

ELETROBRÁS. Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas. Eletrobrás/CBDB, Brasília/DF, 2003, p. 126.

FARIA, M; BOTELHO, M. O Rompimento da Barragem de Fundão em Mariana, Minas Gerais, Brasil: a Incubação de um Acidente Organizacional. **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional online**. 2018, volume 5, 73-85. DOI: 10.31252/RPSO.01.05.2018. Disponível em: <<http://www.rpso.pt/rompimento-da-barragem-fundao-mariana-minas-gerais-brasil-incubacao-um-acidente-organizacional/>>. Acesso em: 20 de nov. 2019.

FREITAS, Carlos Machado de et al. **Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 35, n. 5, e00052519, 2019. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2019000600502&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2019000600502&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 26 nov. 2019. Epub 20-Maio-2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-311x00052519>.

GEEKHUNTER, **Firestore: o que é e quando usar no desenvolvimento mobile?**. 2021. Disponível em: <[https://blog.geekhunter.com.br/firebase-o-que-e-quando-usar-no-desenvolvimento-mobile/#O\\_que\\_e\\_Firebase](https://blog.geekhunter.com.br/firebase-o-que-e-quando-usar-no-desenvolvimento-mobile/#O_que_e_Firebase)>. Acesso em: 20/06/2021

GOOGLE CLOUD. **Produtos e Serviços | Google Cloud**. 2021. Disponível em: <<https://cloud.google.com/products>>. Acessado em: 07 jan. 2021.

IBM. **Introdução ao Desenvolvimento do Android**. 2021. Disponível em: <<https://developer.ibm.com/br/technologies/mobile/articles/os-android-devel/>>. Acessado em: 18 jul. 2021.

MARQUES, Ana Paula Ambrósio Zanelato et al. **Peer Instruction: Metodologia Ativa de Ensino e Aprendizagem e Suas Ferramentas de Interatividade Gratuitas**. Revista Colloquium Humanarum 14, Unioeste. Disponível em: <<http://www.unoeste.br/site/enepe/2017/suplementos/area/Humanarum/4%20-%20Educa%C3%A7%C3%A3o/PEER%20INSTRUCTION%20METODOLOGIA%20ATIVA%20DE%20ENSINO%20E%20APRENDIZAGEM%20E%20SUAS%20FERRAMENTAS%20DE%20INTERATIVIDADE%20GRATUITAS.pdf>> >Acessado em: 27 de março de 2021.

MASON, J. **Estruturas de Aproveitamentos Hidrelétricos**. Rio de Janeiro: Sondotécnica, 1988.

MICHAELIS. Michaelis Online – Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/>>. Acesso em: 19 jun. 2021.

Ministério da Educação. **Relatório do ENADE**. 2019. Esplanada dos Ministérios: Brasília, 2019.

Ministério da Integração Nacional. **Manual de Segurança e Inspeção de Barragens** – Brasília: 2002. 148p.

Ministério de Minas e Energia do Brasil. **Resenha Energética Brasileira**. 2018. Esplanada dos Ministérios: Brasília, 2019.

OECD iLibrary. **Education at a Glance 2018**. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2018. Disponível em: <<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/eag-2018-en.pdf>>. Acesso em 30/08/2019.

OLIVEIRA, Noé de. **Uma proposta para avaliação de software educacional**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/81485/185506.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acessado em: 6 de maio de 2019.

Our World in Data. **Number of people in the world without electricity falls below one billion**. 2019a. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/number->

of-people-in-the-world-without-electricity-access-falls-below-one-billion>. Acesso em: 30/08/2019.

Our World in Data. **Electricity Mix**. 2019b. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/electricity-mix>>. Acesso em 30/08/2019.

ORACLE. **The History of Java Technology**. 2019a. Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/javahistory-index198355.html>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

ORACLE. **Java EE 8**. 2019b. Disponível em: <<http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overview/index.html>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

PEREIRA, Márcia de Andrade. **Ensino-Aprendizagem em um Contexto Dinâmico – O Caso de Planejamento de Transportes**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo: São Carlos, 2005.

POSTGRESQL. **PostgreSQL: About**. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/about/>>. Acessado em: 07 jan. 2021.

RAETEGUI, Eliseo. BOFF, Elisa. FINCO, Mateus David. **Proposta de diretrizes para avaliação de objetos de aprendizagem considerando aspectos pedagógicos e técnicos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

RANGEL, J. J. A. **Uma abordagem para construção de modelos de simulação a eventos discretos para aplicação como um recurso didático**. Revista Produto & Produção, vol. 16 n.2, p. 56-80, jun. 2015

SANTOS JUNIOR, Emanuel; et al. **Associação de metodologias ativas de ensino-aprendizagem para engenharia civil: uma abordagem em resistência dos materiais**. Engenharia no século XXI, vol. 2, p. 97-104, Editora Poisson, 2019. Disponível em: <<https://www.poisson.com.br/livros/engenharia/volume2/ESEC2.pdf>>. Acesso em: 2 de ago. 2020.

SAVIANI, Dermeval. **Escola e democracia**. Campinas: Autores Associados, 2008. Edição comemorativa.

SILVA, Pedro Braga da; et al. **Desenvolvimento de software educacional para aprimoramento do ensino da resistência dos materiais**. Engenharia no século XXI, vol. 2, p. 181-188, Editora Poisson, 2019. Disponível em: <<https://www.poisson.com.br/livros/engenharia/volume2/ESEC2.pdf>>. Acesso em: 2 de ago. 2020.

SIQUEIRA, Cesaro de La Rosa; FONTES, Carlos Eduardo. **Utilização de simulação numérica para auxílio do ensino de engenharia e apoio a projetos de TCC**. Engenharia no século XXI, vol. 2, p. 197-205, Editora Poisson, 2019. Disponível em:

<<https://www.poisson.com.br/livros/engenharia/volume2/ESEC2.pdf>>. Acesso em: 2 de ago. 2020.

Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB). **Relatório de Segurança de Barragens 2017**. Disponível em: <<http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2017>>. Acesso em 30/08/2019.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. 529 p.

TAVARES, Jéssika L.; SILVA, Leblam T. G. **Tipos e Classificações de Softwares Educacionais**. In: IV CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2017, João Pessoa/PB.

TECMUNDO. **A história do Android**. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5K4pEk19nhs&t>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

TREVISAN, Dayana; SILVA, Hugo Ricardo Aquino Sousa da. **Aplicação do método de ensino Peer Instruction no curso de Engenharia Civil em disciplinas de cálculo estrutural**. Engenharia no século XXI, vol. 2, p. 73-80, Editora Poisson, 2019. Disponível em: <<https://www.poisson.com.br/livros/engenharia/volume2/ESEC2.pdf>>. Acesso em: 2 de ago. 2020.

United Nations. **Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy**. Disponível em: <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>>. Acesso em: 30/08/2019.

VALENTE, José Armando. **O Computador na Sociedade do Conhecimento**. Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 1999. 156p.

VAZQUEZ, Carlos Eduardo. **Engenharia de Requisitos: software orientado ao negócio**. 1ª ed. São Paulo: Brasport, 2016.



## APÊNDICE 1 – ENTREVISTA COM PROFESSORES DA ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS

Data: 09 de março de 2020

Entrevistados e as respectivas disciplinas:

Profº Daniel Henrique Marco Detzel		Profº André Luiz Tonso Fabiani	
Título	Doutor	Título	Doutor
Experiência como docente	3 anos	Experiência como docente	32 anos
Disciplina que leciona em 2020*		Disciplina que leciona em 2020*	
Nome	Recursos Hídricos	Nome	Obras Hidráulicas
C. Horária	60h	C. Horária	60h
Curso	Engenharia Civil	Curso	Eng. Civil / Ambiental
Universidade	Federal do Paraná	Universidade	Federal do Paraná

\*Com maior grau de afinidade ao tema “Estabilidade de Barragens à Gravidade”

1. Possui teoria(s) psicológica(s) de aprendizagem base? Se sim, qual(is) e por quê?
  - a. Comportamentalistas
    - i. Behaviorismo Metodológico (John Watson): comportamento reflexo;
    - ii. Behaviorismo Radical (Frederick Skinner): comportamento operante: consequência reforçadora; considera pensamentos e emoções. Ajuda o aluno a acertar quase sempre.
  - b. Cognitivistas: teoria de esquemas
    - i. Cognitivismo de Robert Gagné: hierarquia de habilidades de baixo, médio e alto níveis;
    - ii. Construtivismo de Jean Piaget: assimilação (reconhecimento), acomodação (adaptação) e equilíbrio (estimula a negação ou a curiosidade). O professor ajuda o aluno a procurar novos caminhos;

- iii. Socioconstrutivismo (Vygotsky): a interação social aumenta a complexidade de raciocínio; internalização de ferramentas psicológicas; considera a zona de desenvolvimento proximal (quanto mais o aluno aprende, mais é capaz de aprender).

c. Humanistas:

- i. Teoria Holístico-Dinâmica (Abraham Maslow): as necessidades são motivadas e motivadoras. As necessidades que antecedem a necessidade de conhecimento (autoatualização) devem ser satisfeitas para que a aprendizagem aconteça (fisiológica, segurança, amor e pertencimento e estima);
- ii. Teoria da Personalidade Centrada na Pessoa (Carl Rogers): a educação deve despertar as forças positivas de crescimento que existem em todo ser humano considerando a qualidade da relação professor/aluno. O professor deve possuir três características: a aceitação positiva incondicional, a empatia e a congruência (ser autêntico), pois são características imprescindíveis para que cada aluno busque sua autorrealização;

d. Outra;

2. Possui teoria(s) educacional(is) base? Se sim, qual(is) e por quê?

- a. Não-Críticas: a educação é autônoma. O papel da educação seria o de promover a integração dos indivíduos na sociedade, cuja estrutura política e econômica não é questionada. Ou seja, não considera os problemas e a estrutura social como influenciadores da educação.
  - i. Pedagogia Tradicional (Johann Friedrich Herbart): aluno passivo; método expositivo;
  - ii. Escola Nova (Dewey e Montessori): aluno ativo; método da descoberta. Alinhamento com a psicologia de Jean Piaget;
  - iii. Pedagogia Tecnicista (Skinner e Bloom): aluno espectador que está sendo preparado para “aprender a fazer”;

- b. Crítico-Reprodutivistas: a educação é a reprodução da sociedade, ou seja, um instrumento da classe dominante capaz de reproduzir o sistema “dominante-dominado”.
    - i. Sistema de Ensino enquanto Violência Simbólica (Bourdieu e Passeron): reprodução do meio social;
    - ii. Escola enquanto Aparelho Ideológico do Estado (Althusser): reprodução da força de trabalho e inculcação ideológica;
    - iii. Escola Dualista (Baudelot e Establet): a escola é dividida em duas grandes redes: a primária profissional, destinada aos trabalhadores; e a secundária superior, destinada à burguesia;
  - c. Críticas: aprendizagem significativa. A educação tem o poder de transformar a sociedade e vice-versa.
    - i. Pedagogia Libertária (Freinet): estimula a participação grupal por meio de assembleias, conselhos, eleições e reuniões onde o professor é um orientador que realiza reflexões em comum com os alunos;
    - ii. Pedagogia Libertadora (Paulo Freire e Moacir Gadotti): o professor é um coordenador de debates que estabelece uma relação horizontal;
    - iii. Pedagogia Histórico-Crítica (Saviani): o professor interfere e cria condições necessárias à apropriação do conhecimento. O aluno deve estabelecer relações entre o saber adquirido, as experiências vividas e as necessidades sociais e individuais.
3. A partir das respostas das duas questões anteriores, quais são as dificuldades encontradas no processo de colocá-las em prática?
4. A respeito do conteúdo “Estabilidade de Barragens à Gravidade”, como classificaria:
- a. A complexidade do conteúdo?
  - b. A carga horária disponível para lecioná-la?
  - c. A importância na formação do bacharel?
  - d. A relevância do tema na sociedade atual?

5. Quais são as principais dificuldades dos alunos no processo de ensino-aprendizagem e na avaliação do conteúdo “Estabilidade de Barragens à Gravidade”?
6. Em sua opinião, quais seriam os possíveis impactos no processo de ensino-aprendizagem se, em sala de aula, utilizasse um software educativo mobile educativo voltado ao ensino de “Estabilidade de Barragens à Gravidade” e baseado no “Construtivismo” de Jean Piaget e na “Escola Nova” de Dewey e Montessori? Aceitaria testar este objeto de aprendizagem em sala de aula?

	Profº Daniel H. Marco Detzel	Profº André Luiz Tonso Fabiani
1	Possui afinidade com Behaviorismo de Skinner, mas ressalta que a relação entre aluno e professor é de fundamental importância para o aprendizado, corroborando a Teoria de Carl Rogers.	Considera que são necessárias habilidades básicas antes de prosseguir a conteúdos mais avançados assim como prevê o cognitivismo de Robert Gagné.
2	Há um consenso entre os entrevistados: possuem método expositivo e o aluno é passivo (pedagogia tradicional). No entanto, entendem que o cenário ideal seria o de estabelecer uma relação horizontal no qual o professor tem o papel de coordenar debates, de acordo com a Pedagogia Libertadora de Paulo Freire.	
3	Razões que dificultam a aplicação da Pedagogia Libertadora: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comodidade dos alunos;</li> <li>• Falta de participação;</li> <li>• Tamanho da turma.</li> </ul>	Razões que dificultam a aplicação da Pedagogia Libertadora: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ansiedade dos alunos;</li> <li>• Rigidez da universidade;</li> <li>• Tamanho da turma.</li> </ul>
4a	Há um consenso entre os entrevistados: Média	
4b	Há um consenso entre os entrevistados: Adequada	
4c	Há um consenso entre os entrevistados: Muito importante, pois aplica conceitos fundamentais de equilíbrio e mecânica dos fluidos.	
4d	Há um consenso entre os entrevistados: Muito relevante, visto as tragédias recentes em Mariana e Brumadinho e considerando que é base para outras áreas.	
5	Há um consenso entre os entrevistados: A percepção das excentricidades e o conceito de subpressão.	
6	Há um consenso entre os entrevistados: Facilitaria o entendimento de conceitos, da visualização das forças relacionadas e dos respectivos pontos de atuação (excentricidades), principalmente da subpressão. Além disso, possibilitaria visualizar as diferenças nos resultados quando se altera uma variável.  Aceitariam testar o objeto de aprendizagem em sala de aula.	

## APÊNDICE 2 – HISTÓRIAS DO USUÁRIO

Como usuário, quero me cadastrar para salvar meu progresso de aprendizado.

Como usuário, quero realizar login através do meu e-mail e senha cadastrados.

Como usuário logado, quero aprender o conceito de barragem e de barragem à gravidade para saber as diferenças em relação aos demais tipos de barragem.

Como usuário logado, quero simular uma barragem à gravidade para calcular seu peso e seu centro de gravidade e obter um feedback.

Como usuário logado, quero visualizar os conceitos das possíveis pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas atuantes para saber como modelar um problema de estabilidade de barragens à gravidade.

Como usuário logado, quero simular uma barragem à gravidade e os níveis de água à montante e à jusante para calcular as forças de pressão (decompostas e resultantes) e os respectivos pontos de aplicação e obter um feedback.

Como usuário logado, quero visualizar os conceitos das condições de carregamento para saber quais combinações de ações uma barragem à gravidade poderá estar submetida.

Como usuário logado, quero simular uma barragem à gravidade e as ações possíveis de acontecer para classificar as condições de carregamento e obter um feedback.

Como usuário logado, quero visualizar o conceito de flutuação, sua fórmula matemática e os respectivos fatores mínimos de segurança para saber quando uma barragem à gravidade será considerada estável quanto à flutuação.

Como usuário logado, quero simular uma barragem à gravidade e os níveis de água à montante e à jusante de um caso de carregamento para calcular o coeficiente de segurança quanto à flutuação e obter um feedback.

Como usuário logado, quero visualizar o conceito de tombamento, sua fórmula matemática e os respectivos fatores mínimos de segurança para saber quando uma barragem à gravidade será considerada estável quanto ao tombamento.

Como usuário logado, quero simular uma barragem à gravidade e os níveis de água à montante e à jusante de um caso de carregamento para calcular o coeficiente de segurança quanto ao tombamento e obter um feedback.

Como usuário logado, quero visualizar o conceito de deslizamento, suas fórmulas matemáticas e os respectivos fatores mínimos de segurança para saber quando uma barragem à gravidade será considerada estável quanto ao deslizamento.

Como usuário logado, quero simular uma barragem à gravidade, os níveis de água à montante e à jusante de um caso de carregamento e uma superfície de escorregamento (ângulo de atrito e coesão) para calcular o(s) coeficiente(s) de segurança quanto ao deslizamento e obter um feedback.

Como usuário logado, quero visualizar o conceito de tensão na base, sua fórmula matemática e as respectivas porcentagens mínimas de segurança de base comprimida para saber quando uma barragem à gravidade será considerada estável quanto às tensões de compressão e tração na base.

Como usuário logado, quero simular uma barragem à gravidade e os níveis de água à montante e à jusante de um caso de carregamento para calcular as tensões na base e a porcentagem da base comprimida e obter um feedback.

Como usuário logado, quero visualizar o conceito de abertura de fissura e o passo a passo do processo para saber se uma barragem à gravidade será considerada estável após esta verificação especial.

Como usuário logado, quero simular uma barragem à gravidade, os níveis de água à montante e à jusante de um caso de carregamento e uma superfície de escorregamento (ângulo de atrito e coesão) para calcular todos os coeficientes de segurança, tensões na base e porcentagem da base comprimida além de verificar a necessidade de realizar abertura de fissura (se sim, recalculer os novos coeficientes, novas tensões na base e nova porcentagem da base comprimida) e obter um feedback por meio de uma animação interativa.

Como usuário logado, quero visualizar e modificar meus dados de perfil.

Como usuário logado, quero ter acesso a exercícios de simulação da realidade com aumento de dificuldade gradual para perceber meu avanço de conhecimento.

### APÊNDICE 3 – REQUISITOS FUNCIONAIS E NÃO FUNCIONAIS

SEQUÊNCIA	NOME DO REQUISITO	TIPO DO REQUISITO	DESCRIÇÃO DO REQUISITO
01	Cadastrar	Funcional	o sistema deve permitir o cadastro de um usuário.
02	Logar	Funcional	o sistema deve permitir o login de um usuário.
03	Visualizar conceito de barragens	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário visualizar o conceito de barragem e de barragem à gravidade.
04	Simular peso e centro de gravidade	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário simular o cálculo do peso e do centro de gravidade de uma barragem à gravidade.
05	Visualizar conceito de pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário visualizar os conceitos das pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas.
06	Simular forças de pressão	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário simular o cálculo das forças de pressão (decompostas e resultantes) e os respectivos pontos de aplicação de uma barragem à gravidade.
07	Visualizar conceito de condições de carregamento	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário visualizar os conceitos das condições de carregamento.
08	Classificar condições de carregamento	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário classificar as condições de carregamento de uma barragem à gravidade.
09	Visualizar conceito de flutuação	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário visualizar o conceito de flutuação, sua fórmula matemática e os respectivos fatores mínimos de segurança.
10	Simular flutuação	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário simular o cálculo do coeficiente de segurança quanto à flutuação de uma barragem à gravidade e exibe um feedback.
11	Visualizar conceito de tombamento	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário visualizar o conceito de tombamento, sua fórmula matemática e os respectivos fatores mínimos de segurança.
12	Simular tombamento	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário simular o cálculo do coeficiente de segurança quanto ao tombamento de



			uma barragem à gravidade e exibe um feedback.
13	Visualizar conceito de deslizamento	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário visualizar o conceito de deslizamento, suas fórmulas matemáticas e os respectivos fatores mínimos de segurança.
14	Simular deslizamento	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário simular o cálculo dos coeficientes de segurança quanto ao deslizamento de uma barragem à gravidade e exibe um feedback.
15	Visualizar conceito de tensões na base	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário visualizar o conceito de tensão na base, sua fórmula matemática e as respectivas porcentagens mínimas de segurança de base comprimida.
16	Simular tensões na base	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário simular o cálculo das tensões na base e a porcentagem da base comprimida de uma barragem à gravidade e exibe um feedback.
17	Visualizar conceito de abertura de fissura	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário visualizar o conceito de abertura de fissura e o passo a passo do processo.
18	Simular abertura de fissura	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário simular o cálculo de todos os coeficientes de segurança, tensões na base e porcentagem da base comprimida, verificar a necessidade de realizar abertura de fissura (se sim, o sistema recalcula os novos coeficientes, as novas tensões na base e a nova porcentagem da base comprimida) e exibe um feedback por meio de uma animação.
19	Modificar dados	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário visualizar e modificar seus dados de perfil.
20	Responder exercícios	Funcional	o sistema deve permitir ao usuário responder exercícios de simulação da realidade.
21	Funcionar	Não Funcional	o sistema deve funcionar na plataforma mobile Android, API 23.
22	Utilizar	Não Funcional	o sistema deve utilizar a biblioteca Firebase Database versão 20, e Firebase Auth versão 21, da plataforma Google Cloud.

## APÊNDICE 4 – ESPECIFICAÇÕES DE CASO DE USO

### UC 1 – Manter usuário

**Definição:** caso de uso destinado aos usuários que desejam se cadastrar ou logar no sistema ou recuperar senha perdida.

**Ator:** usuário.

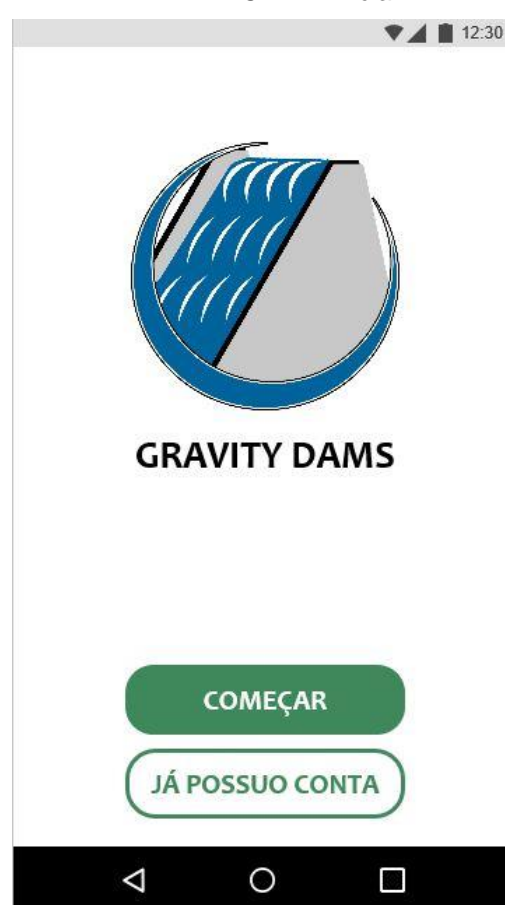
**Pré-condição:** não há.

**Protótipos:**

INTERFACE 1 – Splash Screen



INTERFACE 2 – Iniciar



INTERFACE 3 – Cadastrar

Qual é o seu nome?

Nome Sobrenome

Nome de usuário

ID

Qual curso superior você cursa ou cursou?

Engenharia Civil

Qual é o seu e-mail?

E-mail

Digite uma nova senha:

Nova senha

CONTINUAR

INTERFACE 4 – Logar

Digite o e-mail cadastrado:

E-mail

Senha:

Nova senha

CONTINUAR

PERDI A SENHA

INTERFACE 5 – Recuperar Senha

Digite o e-mail cadastrado:

E-mail

RECUPERAR

**Fluxo principal:**

1. O sistema exibe a interface “Splash Screen” contendo o logotipo e a logomarca de “Build the Future” por 3 segundos;
2. O sistema exibe a interface “Iniciar” contendo o logotipo e a logomarca de “Gravity Dams”;
3. O usuário clica no botão “Começar” (A1);
4. O sistema exibe a interface “Cadastrar” (R1) (R2) (R3);
5. O usuário preenche os campos necessários;
6. O usuário clica no botão “Continuar”;
7. O sistema valida os dados inseridos (E1) (E2);
8. O sistema salva os dados fornecidos no banco de dados;
9. O sistema exibe a mensagem “Cadastro efetuado com sucesso!”;
10. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos alternativos:**

- A1. O usuário clica no botão “Já possuo conta”:
  - a) O sistema exibe a interface “Logar” (R2) (R3);
  - b) O usuário preenche os campos necessários;
  - c) O usuário clica no botão “Continuar” (A2);
  - d) O sistema valida os dados inseridos (E1) (E2);
  - e) O sistema exibe a mensagem “Login efetuado com sucesso!”;
  - f) O caso de uso é encerrado.
- A2. O usuário clica no botão “Perdi a senha”:
  - a) O sistema exibe a interface “Recuperar Senha” (R2);
  - b) O usuário preenche o campo com seu e-mail cadastrado;
  - c) O sistema valida o e-mail inserido (E1) (E2);
  - d) O sistema envia para o e-mail validado uma nova senha;
  - e) O sistema exibe a mensagem “Nova senha enviada para o e-mail exemplo@email.com”;
  - f) O sistema exibe a interface “Logar”;
  - g) O caso de uso é encerrado.

**Fluxos de exceção:**

- E1. O usuário deixa de preencher algum campo obrigatório:
- a) O sistema valida os dados inseridos;
  - b) O sistema exibe a mensagem “Preencha todos os campos obrigatórios”;
  - c) O sistema permanece na interface atual.
- E2. O usuário preenche um ou mais campos com dados inconsistentes:
- a) O sistema valida os dados inseridos;
  - b) O sistema exibe uma mensagem de acordo com o campo inválido e a interface atual:
    - i. Cadastrar: “Nome de usuário já utilizado” ou “Nome de usuário inválido” ou “Endereço de e-mail já utilizado” ou “A senha deve conter pelo menos 5 caracteres”;
    - ii. Logar: “E-mail inválido” ou “Senha incorreta”;
    - iii. Recuperar Senha: “E-mail inválido”.
  - c) O sistema permanece na interface atual.

**Regras de negócio:**

- R1. O sistema deve ter, previamente cadastrada, uma lista de cursos superiores;
- R2. O campo de e-mail deve possuir a máscara apropriada;
- R3. O campo de senha deve possuir máscara apropriada.

**Pós-condições:**

- 1. Ao final deste caso de uso o usuário deve estar habilitado a realizar login no sistema.

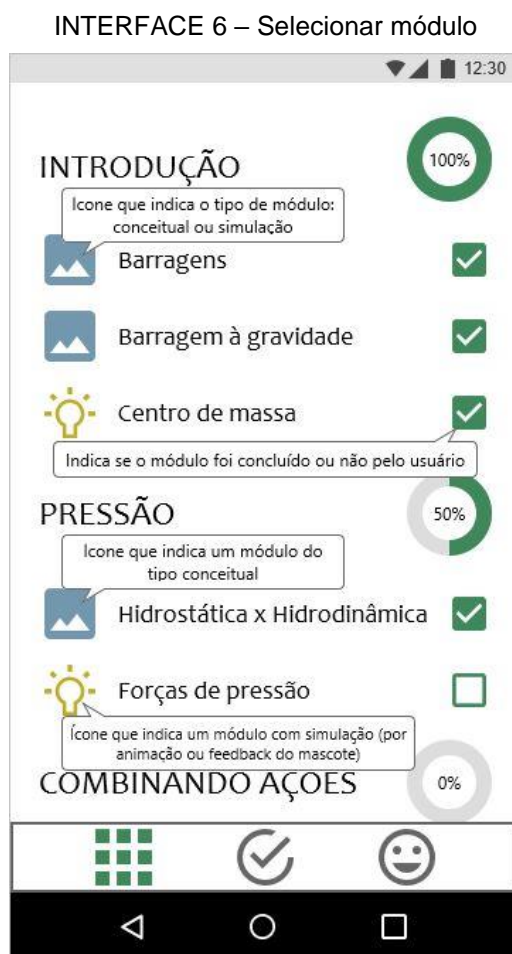
## UC 2 – Selecionar Módulo

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja escolher um módulo para estudar ou simular e visualizar seu progresso no curso.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro e estar logado no sistema.

**Protótipo:**



**Fluxo principal:**

1. O sistema carrega as informações de progresso do usuário;
2. O sistema exibe a interface “Selecionar módulo”;
3. O usuário clica em um módulo ou em um item do menu horizontal inferior;
4. O caso de uso é encerrado.

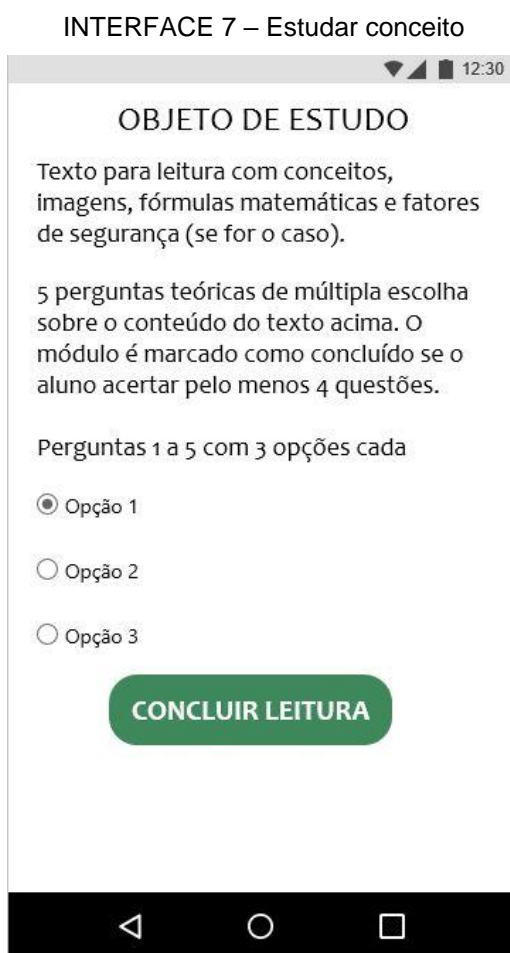
## UC 3 – Estudar Conceito

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja estudar um módulo conceitual.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema e ter selecionado um módulo conceitual em UC 2 – Selecionar Módulo.

**Protótipo:**



**Fluxo principal:**

1. O sistema carrega o título, o texto e as 5 questões de múltipla escolha do respectivo módulo selecionado em UC 2 – Selecionar Módulo (**R1**);
2. O sistema exibe a interface “Estudar conceito”;
3. O usuário responde as questões de múltipla escolha (**E1**);
4. O sistema verifica o número de respostas corretas (**E2**);
5. O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
6. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos de exceção:**

- E1. O usuário deixa de responder alguma questão:
- a) O sistema exibe a mensagem “Responda todas as questões solicitadas”;
  - b) O sistema permanece na interface atual.
- E2. O usuário responde corretamente menos de 4 questões:
- a) O sistema exibe a mensagem “Responda corretamente ao menos 4 questões para concluir este módulo”;
  - b) O sistema permanece na interface atual.

**Regras de negócio:**

- R1. O sistema deve ter, previamente cadastrados, títulos, textos didáticos e questões sobre os módulos conceituais: “Barragem”, “Barragem à gravidade”, “Hidrostática x Hidrodinâmica”, “Casos de carregamento”, “Flutuação (teoria)”, “Tombamento (teoria)”, “Sem coesão”, “Com coesão”, “Máxima e mínima”, “Porcentagem comprimida”, “Abertura de fissura”.



## UC 4 – Selecionar Seção

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja escolher uma seção para ser utilizada em uma simulação escolhida em UC 2 – Selecionar Módulo.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema e ter selecionado um módulo de simulação em UC 2 – Selecionar Módulo.

**Protótipo:**

INTERFACE 8 – Selecionar seção

SEÇÃO DE ESTUDO

Selecione uma seção transversal

Entre com as dimensões:

A m B m

H m

CONTINUAR

**Fluxo principal:**

1. O sistema exibe a interface “Selecionar seção” (R1) (R2);
2. O usuário preenche os campos necessários;
3. O sistema valida os dados inseridos (E1) (E2);
4. O usuário clica no botão “Continuar”;
5. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos de exceção:**

- E1. O usuário deixa de preencher algum campo obrigatório:
- a) O sistema exibe a mensagem “Preencha todas as dimensões e o peso específico do material”;
  - b) O sistema permanece na interface atual.
- E2. O usuário preenche um ou mais campos com dados inconsistentes:
- a) O sistema exibe uma mensagem de acordo com o campo inválido:
    - i. Dimensões: “Todas as dimensões devem ser iguais ou maiores que 1,00m” ou “O parâmetro B deve ser maior que o parâmetro A” ou “O parâmetro H deve ser maior que o parâmetro C”;
    - ii. Peso específico: “O peso específico do material deve ser igual ou maior que 1,00KN/m<sup>3</sup>”;
  - b) O sistema permanece na interface atual.

**Regras de negócio:**

- R1. Todos os campos da interface “Selecionar Seção” devem possuir máscara de número com até 3 algarismos antes da vírgula e obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula;
- R2. O sistema deve ter imagens de cada seção com as respectivas indicações dos parâmetros geométricos.

## UC 5 – Simular Centro de Massa

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja simular o cálculo do centro de massa da seção escolhida em UC 4 – Selecionar Seção.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema, ter selecionado o módulo de simulação “Centro de massa” em UC 2 – Selecionar Módulo e ter selecionado uma seção em UC 4 – Selecionar Seção.

**Protótipo:**

INTERFACE 9 – Simular centro de massa

O protótipo de interface, intitulado "CENTRO DE MASSA", apresenta o seguinte layout:

- Na parte superior, há um diagrama de uma seção triangular com base  $B$  e altura  $H$ . À direita do diagrama, os valores  $A = 5,00m$ ,  $B = 30,00m$  e  $H = 30,00m$  são exibidos.
- Abaixo do diagrama, o texto "Peso da seção com largura unitária:" precede um campo de entrada arredondado, seguido pela unidade "KN/m".
- Logo abaixo, o texto "Centro de massa:" precede dois campos de entrada arredondados, rotulados "x" e "y", ambos seguidos pela unidade "m".
- Na base da interface, há um botão retangular com o texto "Feedback do mascote" e uma seta apontando para um ícone de mascote (uma cabeça sorridente).
- Na barra de navegação inferior, há ícones para voltar, home e recentes.

**Fluxo principal:**

1. O sistema carrega os valores fornecidos em UC 4 – Selecionar Seção;
2. O sistema calcula as respostas corretas com duas casas decimais (**R1**);
3. O sistema exibe a interface “Simular centro de massa” (**R2**) (**R3**);
4. O usuário preenche o campo “Peso da seção com largura unitária” (**A1**) (**A2**);

5. O sistema valida e desativa o campo “Peso da seção com largura unitária” e exibe a mensagem “Parabéns! Este é o peso da barragem considerando largura de um metro.” através do mascote (**E1**);
6. O usuário preenche o campo “Centro de massa (x)”;
7. O sistema valida e desativa o campo “Centro de massa (x)” e exibe a mensagem “Exato! No eixo x o centro de massa se encontra neste ponto.” através do mascote (**E1**);
8. O usuário preenche o campo “Centro de massa (y)”;
9. O sistema valida e desativa o campo “Centro de massa (y)” e exibe a mensagem “Exato! No entanto, veremos mais à frente que este o valor da ordenada do centro de massa não será necessário nos cálculos de estabilidade.” através do mascote (**E1**);
10. O sistema valida todos os campos e exibe a mensagem “Parabéns! Está apto a continuar nosso curso. Vamos lá!” através do mascote (**E1**);
11. O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
12. O caso de uso é encerrado.

#### **Fluxos alternativos:**

- A1. O usuário preenche o campo “Centro de massa (x)”:

  - a) Altera a sequência do fluxo principal para 6,7,8,9,4,5,10,11,12 ou 6,7,4,5,8,9,10,11,12.

- A2. O usuário preenche o campo “Centro de massa (y)”:

  - a) Altera a sequência do fluxo principal para 8,9,6,7,4,5,10,11,12 ou 8,9,4,5,6,7,10,11,12.

#### **Fluxos de exceção:**

- E1. O usuário preenche um campo com dado inconsistente:

  - a) O sistema exibe uma mensagem, através do mascote, de acordo com o campo inválido:
    - i. Peso da seção com largura unitária: “O peso está incorreto. Verifique seus cálculos e lembre-se de multiplicar pelo peso específico do material.”;

- ii. Centro de massa (x): “A abscissa do centro de massa está incorreta. Verifique se o centro de gravidade de cada polígono foi calculado corretamente.”
  - iii. Centro de massa (y): “A ordenada do centro de massa está incorreta. Verifique o que pode ter acontecido e lembre-se de não confundir com o eixo x.”.
- b) O sistema permanece na interface atual.

**Regras de negócio:**

- R1. Os cálculos são feitos de acordo com o APÊNDICE 5;
- R2. Todos os campos da interface “Simular centro de massa” devem possuir máscara de número:
- i. Peso da seção com largura unitária: obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula;
  - ii. Centro de massa (x) e (y): até 3 algarismos antes da vírgula e obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula.
- R3. O sistema deve ter imagens de cada seção com as respectivas indicações dos parâmetros geométricos.

## UC 6 – Informar Níveis de Água

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja informar níveis de água para ser utilizada em uma simulação escolhida em UC 2 – Selecionar Módulo.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema, ter selecionado um módulo de simulação em UC 2 – Selecionar Módulo (exceto “Centro de massa”) e ter selecionado uma seção em UC 4 – Selecionar Seção.

**Protótipo:**

INTERFACE 10 – Informar níveis de água

NÍVEIS DE ÁGUA

Montante:  m

Jusante:  m

CONTINUAR

**Fluxo principal:**

1. O sistema exibe a interface “Informar níveis de água” (R1) (R2);
2. O usuário preenche os campos necessários;
3. O sistema valida os dados inseridos (E1) (E2);
4. O usuário clica no botão “Continuar”;
5. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos de exceção:**

- E1. O usuário deixa de preencher algum campo obrigatório:
- a) O sistema exibe a mensagem “Preencha os níveis de água à montante e à jusante.”;
  - b) O sistema permanece na interface atual.
- E2. O usuário preenche um ou mais campos com dados inconsistentes:
- a) O sistema exibe uma mensagem de acordo com o campo inválido:
    - i. Montante: “O nível à montante deve ser maior que o nível à jusante” ou “O nível à montante deve ser menor que a altura H” ou “O nível à montante deve ser maior que 1,00m”;
    - ii. Jusante: “O nível à jusante deve ser menor que o nível à montante e que a altura H” ou “O nível à jusante deve ser maior que 1,00m”.
  - b) O sistema permanece na interface atual.

**Regras de negócio:**

- R1. Todos os campos da interface “Informar níveis de água” devem possuir máscara de número com até 3 algarismos antes da vírgula e obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula;
- R2. O sistema deve possuir imagens de cada seção com indicação dos níveis de água à montante e à jusante.

## UC 7 – Simular Forças de Pressão

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja simular o cálculo das forças de pressão atuantes na seção escolhida em UC 4 – Selecionar Seção e relativas aos níveis de água escolhidos em UC 6 – Informar Níveis de Água.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema, ter selecionado o módulo de simulação “Forças de Pressão” em UC 2 – Selecionar Módulo, ter selecionado uma seção em UC 4 – Selecionar Seção e ter informado os níveis de água em UC 6 – Informar Níveis de Água.

**Protótipo:**

INTERFACE 11 – Simular forças de pressão

The interface is titled "FORÇAS DE PRESSÃO". It features a diagram of a dam cross-section with water levels indicated by colored areas (green, yellow, blue). To the right of the diagram, the following parameters are listed:

- A= 5,00m
- B= 30,00m
- H= 30,00m
- M= 20,00m
- J= 5,00m

Below the diagram, there are three sections for inputting forces and moments:

- Empuxo de água à montante:** Input fields for force (KN) and moment (y m), with a "Momento" toggle switch and a "+" button.
- Empuxo de água à jusante:** Input fields for force (KN) and moment (y m), with a "Momento" toggle switch and a "+" button.
- Peso de água à jusante:** Input fields for force (KN) and moment (x m), with a "Momento" toggle switch and a "+" button.

At the bottom, there is a "Feedback do mascote" button and a cartoon mascot character.



**Fluxo principal:**

1. O sistema carrega os valores fornecidos em UC 4 – Selecionar Seção e em UC 6 – Informar Níveis de Água;
2. O sistema calcula as respostas corretas com duas casas decimais (**R1**);
3. O sistema exibe a interface “Simular forças de pressão” (**R2**) (**R3**);
4. O usuário preenche os campos relativos ao “Empuxo de água à montante” (**A1**) (**A2**);
5. O sistema valida e desativa os campos relativos ao “Empuxo de água à montante” e exibe a mensagem “Sensacional! Esta é uma das forças que tendem a desestabilizar nossa barragem.” através do mascote (**E1**);
6. O usuário preenche os campos relativos ao “Empuxo de água à jusante”;
7. O sistema valida e desativa os campos relativos ao “Empuxo de água à jusante” e exibe a mensagem “Exato! Lembre-se que esta força ajuda a estabilizar nossa estrutura, mas não significativamente quanto ao material de nossa barragem.” através do mascote (**E1**);
8. O usuário preenche os campos relativos ao “Peso de água à jusante”;
9. O sistema valida e desativa os campos relativos ao “Peso de água à jusante” e exibe a mensagem “Muito bem! Perceba que a decomposição das forças sobre a superfície inclinada à jusante facilita nossos cálculos.” através do mascote (**E1**);
10. O sistema valida todos os campos e exibe a mensagem “Incrível! Agora você já domina forças de pressão e seus pontos de aplicação. No próximo módulo vamos verificar nossa barragem à flutuação. Está preparado?” através do mascote (**E1**);
11. O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
12. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos alternativos:**

- A1. O usuário preenche os campos relativos ao “Empuxo de água à jusante”:
  - a) Altera a sequência do fluxo principal para 6,7,8,9,4,5,10,11,12 ou 6,7,4,5,8,9,10,11,12.
- A2. O usuário preenche os campos relativos ao “Peso de água à jusante”:
  - a) Altera a sequência do fluxo principal para 8,9,6,7,4,5,10,11,12 ou 8,9,4,5,6,7,10,11,12.

**Fluxos de exceção:**

E1. O usuário preenche um campo com dado inconsistente ou incorreto:

- a) O sistema exibe uma mensagem, através do mascote, de acordo com o campo incorreto:
  - i. Forças de empuxo: “Força de empuxo incorreta. Verifique seu diagrama de pressões. O volume dele é numericamente igual a esta força.”;
  - ii. Pesos de água: “Este peso de água não está correto. Fique atento às inclinações dos paramentos de montante e jusante.”;
  - iii. Excentricidades: “Seu cálculo da excentricidade do ponto de aplicação da força resultante não confere com o meu. O que pode ter acontecido? Atente-se para a origem do sistema no ponto de tombamento e as direções positivas de x e y.”;
  - iv. Sinais dos momentos: “Esta força é estabilizante ou desestabilizante? Lembre-se que nossa convenção do momento positivo é anti-horário.”.
- b) O sistema permanece na interface atual.

**Regras de negócio:**

R1. Os cálculos são feitos de acordo com o APÊNDICE 5;

R2. Todos os campos da interface “Simular forças de pressão” devem possuir máscara de número:

- i. Forças de empuxo e pesos de água: obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula;
- ii. Excentricidades x ou y: até 3 algarismos antes da vírgula e obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula.

R3. O sistema deve ter imagens de cada seção com as respectivas indicações dos parâmetros geométricos e parâmetros de todos os diagramas de pressão.

## UC 8 – Simular Condição de Carregamento

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja simular uma combinação de ações isoladamente ou uma verificação de estabilidade de uma seção escolhida em UC 4 – Selecionar Seção e relativa aos níveis de água escolhidos em UC 6 – Informar Níveis de Água.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema e ter selecionado um módulo de simulação em UC 2 – Selecionar Módulo (exceto “Centro de Massa” e “Forças de Pressão”).

**Protótipo:**

INTERFACE 12 – Simular condição de carregamento

12:30

### CONDIÇÃO DE CARREGAMENTO

Nível de água à montante:

- ☒ Normal
- ☐ Máximo (TR= 1.000 anos)
- ☐ Máximo maximorum (TR= 10.000 anos)
- ☐ Desvio do rio

Nível de água à jusante:

- ☒ Normal
- ☐ Máximo (TR= 1.000 anos)
- ☐ Máximo maximorum (TR= 10.000 anos)
- ☐ Nulo

Resulta na Condição de Carregamento:

- ☒ Normal
- ☐ Excepcional
- ☐ Limite
- ☐ de Construção

CONTINUAR

Feedback do mascote

**Fluxo principal:**

1. O sistema exibe a interface “Condição de Carregamento” com o botão “Continuar” invisível (R1) (R2) (A1);
2. O sistema exibe a mensagem “Vamos simular algumas condições de carregamento? Selecione a condição correta resultante dos níveis de água que irei te informar. Acerte ao menos 4 vezes para concluir este módulo!” através do mascote;
3. O sistema escolhe aleatoriamente uma opção em “Nível de água à montante” e em “Nível de água à jusante”;
4. O sistema verifica a resposta correta correspondente no grupo de *radioButton* “Condição resultante” (R3);
5. O usuário seleciona a opção correta em “Condição resultante” (E1);
6. O sistema exibe a mensagem “Exato! Vamos tentar uma combinação diferente?” ou “Isso mesmo!” (no último loop) através do mascote e o grupo de *radioButton* “Condição resultante” fica sem opção selecionada;
7. O sistema repete os passos 3 a 6 deste caso de uso 5 vezes;
8. O sistema verifica a quantidade de respostas corretas do usuário (E2);
9. O sistema exibe a mensagem “Muito bem! Agora sim podemos começar a verificar a estabilidade de nossa barragem!” através do mascote;
10. O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
11. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos alternativos:**

- A1. O sistema exibe a interface “Condição de Carregamento” com o botão “Continuar” visível e desabilitado (R1) (R4):
- a) O usuário seleciona uma opção em “Nível de água à montante” e outra em “Nível de água à jusante”;
  - b) O sistema seleciona automaticamente a opção correta em “Condição resultante” (R3);
  - c) O sistema habilita o botão “Continuar”;
  - d) O usuário clica no botão “Continuar”;
  - e) O caso de uso é encerrado.

### Fluxos de exceção:

E1. O usuário seleciona uma opção incorreta em “Condição resultante”:

- a) O sistema exibe a mensagem “Não parece coerente esta condição de carregamento. Vamos tentar novamente?” ou “Não exatamente.” (no último loop) através do mascote e o grupo de *radioButton* “Condição resultante” fica sem opção selecionada;
- b) O sistema permanece na interface atual.

E2. O usuário acertou menos de 4 das 5 repetições:

- a) O sistema exibe a mensagem “Ah não... Precisamos treinar mais um pouco todos esses casos de carregamento.” através do mascote;
- b) O sistema permanece na interface atual e volta ao passo 2.

### Regras de negócio:

R1. O botão “Continuar” é invisível se foi selecionado o módulo de simulação “Casos de Carregamento” em UC 2 – Selecionar Módulo. Caso contrário, é visível e desabilitado;

R2. Todas as opções dos grupos de *radioButton* “Nível de água à montante” e em “Nível de água à jusante” devem estar desabilitadas;

R3. A resposta correta da condição de carregamento resultante é dada pela tabela abaixo:

		Nível de água à montante			
Nível de água à jusante		Normal	Máximo	Maximorum	Desvio
	Normal	Normal	Excepcional	Limite	Construção
	Máximo	Excepcional	Excepcional	Limite	Construção
	Maximorum	Limite	Limite	Limite	Construção
	Nulo	Construção	Construção	Construção	Construção

R4. Todos os grupos *radioButton* aparecem sem opção selecionada. Todas as opções do grupo “Condição resultante” devem estar desabilitadas.

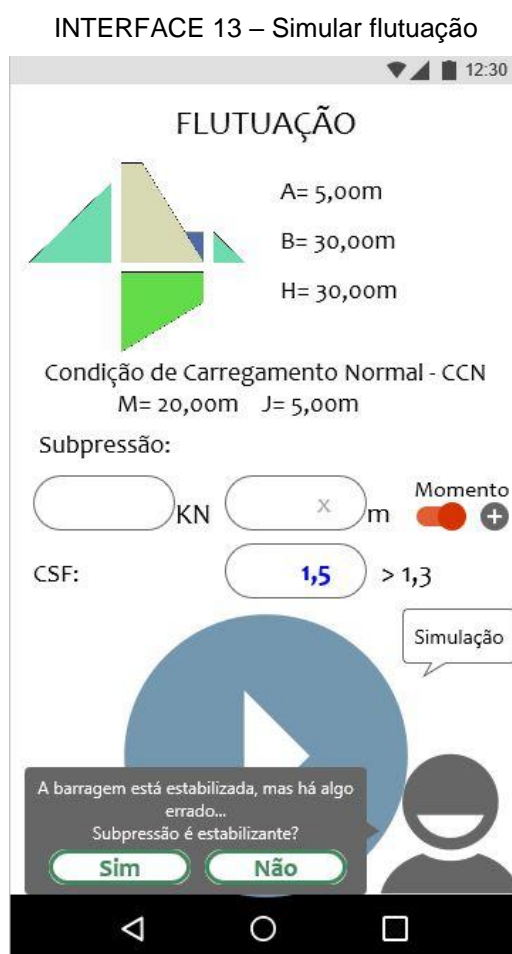
## UC 9 – Simular Flutuação

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja simular a verificação de estabilidade quanto à flutuação da seção escolhida em UC 4 – Selecionar Seção com os níveis de água e o respectivo caso de carregamento informados em UC 6 – Informar Níveis de Água e em UC 8 – Simular Condição de Carregamento.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema, ter selecionado o módulo de simulação “Flutuação” em UC 2 – Selecionar Módulo, ter selecionado uma seção em UC 4 – Selecionar Seção, ter informado os níveis de água em UC 6 – Informar Níveis de Água e ter informado o caso de carregamento em UC 8 – Simular Condição de Carregamento.

**Protótipo:**



**Fluxo principal:**

1. O sistema carrega os valores fornecidos em UC 4 – Selecionar Seção e UC 6 – Informar Níveis de Água, além dos parâmetros mínimos relativos ao caso de carregamento informado em UC 8 – Simular Condição de Carregamento (**R1**);
2. O sistema calcula as respostas corretas com duas casas decimais (**R2**);
3. O sistema exibe a interface “Simular flutuação” com o campo “CSF” invisível (**R3**) (**R4**);
4. O usuário preenche os campos relativos a “Subpressão”;
5. O sistema valida e desativa os campos relativos a “Subpressão” e exibe a mensagem “Muito bem! Esta é a força que devemos combater para que nossa barragem não saia flutuando por aí. Então qual será o coeficiente de flutuação?” através do mascote (**E1**);
6. O sistema torna o campo “CSF” visível;
7. O usuário preenche o campo “CSF”;
8. O sistema exibe a simulação correspondente a resposta correta (independente se o usuário acertou ou não);
9. O sistema valida o campo “CSF” e exibe a mensagem “Moleza! Comprovamos que a barragem é estável à flutuação. Qual será nosso próximo desafio?” através do mascote (**A1**) (**E1**);
10. O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
11. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos alternativos:**

- A1. O campo “CSF” é válido, mas a barragem não é estável quanto à flutuação:
  - a) O sistema exibe a mensagem “Seu cálculo está correto, mas infelizmente nossa barragem está flutuando... O que podemos fazer?” através do mascote;
  - b) O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
  - c) O caso de uso é encerrado.

**Fluxos de exceção:**

E1. O usuário preenche um campo com dado inconsistente ou incorreto:

- a) O sistema exibe uma mensagem, através do mascote, de acordo com o campo incorreto:
  - i. Força de subpressão: “Não confere com meus cálculos. Normalmente o diagrama da subpressão assume a forma trapezoidal quando os níveis de água não são nulos.”;
  - ii. Excentricidade da subpressão: “O ponto de aplicação da força resultante de subpressão não está aí. Atente-se que todas as nossas excentricidades serão sempre positivas.”;
  - iii. Sinal do momento da subpressão: “A subpressão é estabilizante ou desestabilizante? Lembre-se que nossa convenção do momento positivo é anti-horário.”;
  - iv. CSF: “Nada bom... O coeficiente que você calculou está acima do mínimo, mas a barragem está flutuando.” ou “A flutuação que você sugere não está ocorrendo. Parece que a barragem está estável quanto à flutuação. Reveja seus cálculos.” ou “Minha simulação confere com seu resultado, mas o valor do coeficiente está incorreto...”.
- b) O sistema permanece na interface atual.



**Regras de negócio:**

Os coeficientes e parâmetros mínimos de referência são os estabelecidos pela Eletrobrás (2003) conforme a TABELA 2 (pág. 19):

Coeficientes de Segurança	Casos de Carregamentos			
	CCN	CCE	CCL	CCC
Flutuação – CSF	1,3	1,1	1,1	1,2
Tombamento – CST	1,5	1,2	1,1	1,3
Deslizamento sem Coesão – CSD <sub>o</sub>	1,5	1,1	1,1	1,3
Deslizamento com Coesão – CSD <sub>c</sub>	3,0 (4,0)	1,5 (2,0)	1,3 (2,0)	2,0 (2,5)
Porcentagem Mínima de Base Comprimida	100%	75%	>0%	75%

R1. Os cálculos são feitos de acordo com o APÊNDICE 5;

R2. Todos os campos da interface “Simular flutuação” devem possuir máscara de número:

- i. Força de subpressão e CSF: obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula;
- ii. Excentricidade “x” de subpressão: até 3 algarismos antes da vírgula e obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula.

R3. O sistema deve ter imagens de cada seção com as respectivas indicações dos parâmetros geométricos, de níveis de água e de subpressão.

## UC 10 – Simular Tombamento

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja simular a verificação de estabilidade quanto ao tombamento da seção escolhida em UC 4 – Selecionar Seção com os níveis de água e o respectivo caso de carregamento informados em UC 6 – Informar Níveis de Água e em UC 8 – Simular Condição de Carregamento.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema, ter selecionado o módulo de simulação “Tombamento” em UC 2 – Selecionar Módulo, ter selecionado uma seção em UC 4 – Selecionar Seção, ter informado os níveis de água em UC 6 – Informar Níveis de Água e ter informado o caso de carregamento em UC 8 – Simular Condição de Carregamento.

**Protótipo:**

INTERFACE 14 – Simular tombamento

**TOMBAMENTO**



A= 5,00m

B= 30,00m

H= 30,00m

Condição de Carregamento Normal - CCN  
M= 20,00m J= 5,00m

Momentos

Estabilizantes :      Desestabilizantes :

KNm

KNm

CST:      1,4 < 1,5

Simulação

Seus cálculos estão corretos, mas esta barragem não verifica quanto ao tombamento. E agora?

Alterar Geometria da Seção

OK

**Fluxo principal:**

1. O sistema carrega os valores fornecidos em UC 4 – Selecionar Seção e UC 6 – Informar Níveis de Água, além dos parâmetros mínimos relativos ao caso de carregamento informado em UC 8 – Simular Condição de Carregamento (**R1**);
2. O sistema calcula as respostas corretas com duas casas decimais (**R2**);
3. O sistema exibe a interface “Simular tombamento” com o campo “CST” invisível (**R3**) (**R4**);
4. O usuário preenche os campos relativos às somatórias de “Momentos”;
5. O sistema valida e desativa os campos relativos aos “Momentos” e exibe a mensagem “Exato! Considerando estes momentos, qual será o coeficiente de segurança ao tombamento resultante?” através do mascote (**E1**);
6. O sistema torna o campo “CST” visível;
7. O usuário preenche o campo “CST”;
8. O sistema exibe a simulação correspondente a resposta correta (independente se o usuário acertou ou não);
9. O sistema valida o campo “CST” e exibe a mensagem “É isso aí! A barragem está estável quanto ao tombamento. Prepare-se que agora iremos complicar um pouco mais!” através do mascote (**A1**) (**E1**);
10. O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
11. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos alternativos:**

- A1. O campo “CST” é válido, mas a barragem não é estável quanto à flutuação:
  - a) O sistema exibe a mensagem “Seu cálculo está correto, mas infelizmente nossa barragem tombou... O que podemos fazer?” através do mascote;
  - b) O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
  - c) O caso de uso é encerrado.

**Fluxos de exceção:**

E1. O usuário preenche um campo com dado inconsistente ou incorreto:

- a) O sistema exibe uma mensagem, através do mascote, de acordo com o campo incorreto:
  - i. Momento estabilizante: “Não me parece correto... Considere como estabilizante todo momento que tende a girar a estrutura no sentido anti-horário”;
  - ii. Momento desestabilizante: “Incorreto. Lembre-se de somar todas as parcelas que tendem a tombar a estrutura no sentido horário.”;
  - iii. CST: “Nada bom... O coeficiente que você calculou está acima do mínimo, mas a barragem tombou!” ou “A barragem não tombou. Ela está estável quanto ao tombamento. Reveja seus cálculos.” ou “Minha simulação confere com seu resultado, mas o valor do coeficiente está incorreto...”.
- b) O sistema permanece na interface atual.

**Regras de negócio:**

Os coeficientes e parâmetros mínimos de referência são os estabelecidos pela Eletrobrás (2003) conforme a TABELA 2 (pág. 19).

- R1. Os cálculos são feitos de acordo com o APÊNDICE 5;
- R2. Todos os campos da interface “Simular tombamento” devem possuir máscara de número:
  - i. Momentos e CST: obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula;
- R3. O sistema deve ter imagens de cada seção com as respectivas indicações dos parâmetros geométricos e de todos os diagramas de pressão.

## UC 11 – Simular Deslizamento

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja simular a verificação de estabilidade quanto ao deslizamento da seção escolhida em UC 4 – Selecionar Seção com os níveis de água e o respectivo caso de carregamento informados em UC 6 – Informar Níveis de Água e em UC 8 – Simular Condição de Carregamento.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema, ter selecionado o módulo de simulação “Deslizamento” em UC 2 – Selecionar Módulo, ter selecionado uma seção em UC 4 – Selecionar Seção, ter informado os níveis de água em UC 6 – Informar Níveis de Água e ter informado o caso de carregamento em UC 8 – Simular Condição de Carregamento.

**Protótipo:**

INTERFACE 15 – Simular deslizamento

DESLIZAMENTO

A= 5,00m  
B= 30,00m  
H= 30,00m

Condição de Carregamento Normal - CCN  
M= 20,00m J= 5,00m

Ângulo de atrito:  graus

Forças horizontais:  KN

CSD (atrito):  < 1,5

Simulação

Seus cálculos estão corretos, mas as forças de atrito parecem não serem suficientes... E se verificássemos considerando a coesão?

Vamos nessa!

**Fluxo principal:**

1. O sistema carrega os valores fornecidos em UC 4 – Selecionar Seção e UC 6 – Informar Níveis de Água, além dos parâmetros mínimos relativos ao caso de carregamento informado em UC 8 – Simular Condição de Carregamento **(R1)**;
2. O sistema calcula as respostas corretas com duas casas decimais **(R2)**;
3. O sistema exibe a interface “Simular deslizamento” com os campos “CSD (atrito)”, “Coesão máxima admissível”, “Coesão mínima necessária” e “CSD (coesão)” invisíveis **(R3) (R4)**;
4. O usuário preenche os campos “Ângulo de atrito” e “Forças horizontais”;
5. O sistema valida e desativa os campos “Ângulo de atrito” e “Forças horizontais” e exibe a mensagem “Parabéns engenheiro(a)! Este somatório de forças horizontais resultará em qual coeficiente de deslizamento?” através do mascote **(E1)**;
6. O sistema torna o campo “CSD (atrito)” visível;
7. O usuário preenche o campo “CSD (atrito)”;
8. O sistema exibe a simulação correspondente a resposta correta (independente se o usuário acertou ou não);
9. O sistema valida o campo “CSD (atrito)” e exibe a mensagem “Esplêndido! A barragem está segura quanto ao deslizamento somente com o atrito.” através do mascote **(A1) (E1)**;
10. O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
11. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos alternativos:**

- A1. O campo “CSD (atrito)” é válido, mas a barragem não é estável quanto ao deslizamento por atrito:
  - a) O sistema exibe a mensagem “Seus cálculos estão corretos, mas as forças de atrito parecem não serem suficientes... E se verificássemos considerando a coesão?” através do mascote;
  - b) O sistema torna os campos “Coesão máxima admissível” e “Coesão mínima necessária” visíveis;
  - c) O usuário preenche os campos “Coesão máxima admissível”, “Coesão mínima necessária”;

- d) O sistema valida e desativa os campos “Coesão máxima admissível” e “Coesão mínima necessária” e exibe a mensagem “feedback” (E1);
  - e) O sistema torna o campo “CSD (coesão)” visível;
  - f) O usuário preenche o campo “CSD (coesão)”;
  - g) O sistema exibe a simulação correspondente a resposta correta (independente se o usuário acertou ou não);
  - h) O sistema valida o campo “CSD (coesão)” e exibe a mensagem “feedback” através do mascote (A2) (E1);
  - i) O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
  - j) O caso de uso é encerrado.
- A2. O campo “CSD (coesão)” é válido, mas a barragem não é estável quanto ao deslizamento por coesão:
- a) O sistema exibe a mensagem “feedback” através do mascote;
  - b) O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
  - c) O caso de uso é encerrado.

#### **Fluxos de exceção:**

- E1. O usuário preenche um campo com dado inconsistente ou incorreto:
- a) O sistema exibe uma mensagem, através do mascote, de acordo com o campo incorreto:
    - i. Ângulo de atrito: “feedback”;
    - ii. Somatório de forças horizontais: “feedback”;
    - iii. CSD (atrito): “feedback”;
    - iv. Coesão máxima admissível: “feedback”;
    - v. Coesão mínima necessária: “feedback”;
    - vi. CSD (coesão): “feedback”.
  - b) O sistema permanece na interface atual.

**Regras de negócio:**

Os coeficientes e parâmetros mínimos de referência são os estabelecidos pela Eletrobrás (2003) conforme a TABELA 2 (pág. 19).

- R1. Os cálculos são feitos de acordo com o APÊNDICE 5;
- R2. Todos os campos da interface “Simular deslizamento” devem possuir máscara de número:
  - i. Ângulo de atrito: até 2 algarismos antes da vírgula e nenhum após a vírgula;
  - ii. Coesão máxima admissível e Coesão mínima necessária: até 3 algarismos antes da vírgula e nenhum após a vírgula;
  - iii. Forças horizontais, CSD (atrito), CSD (coesão): obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula;
- R3. O sistema deve ter imagens de cada seção com as respectivas indicações dos parâmetros geométricos e de todos os diagramas de pressão que possuem forças resultantes paralelas ao eixo x.



## UC 12 – Simular Tensões na Base e Abertura de Fissura

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja simular a verificação de estabilidade quanto às tensões na base da seção escolhida em UC 4 – Selecionar Seção com os níveis de água e o respectivo caso de carregamento informados em UC 6 – Informar Níveis de Água e em UC 8 – Simular Condição de Carregamento.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro, estar logado no sistema, ter selecionado o módulo de simulação “Tensões na Base” em UC 2 – Selecionar Módulo, ter selecionado uma seção em UC 4 – Selecionar Seção, ter informado os níveis de água em UC 6 – Informar Níveis de Água e ter informado o caso de carregamento em UC 8 – Simular Condição de Carregamento.

**Protótipos:**

INTERFACE 16 – Simular tensões na base

**TENSÕES NA BASE**

A= 5,00m  
B= 30,00m  
H= 30,00m

Condição de Carregamento Normal - CCN  
M= 20,00m J= 5,00m

Tensão máxima:  KN/m<sup>2</sup>  
Tensão mínima:  KN/m<sup>2</sup>  
% da base comprimida:  % < 100%

Para CCN a base não deve apresentar tração. O que podemos fazer agora?

Abertura de Fissura

INTERFACE 17 – Abertura de fissura

**ABERTURA DE FISSURA**

A= 5,00m  
B= 30,00m  
H= 30,00m

Condição de Carregamento Normal - CCN  
M= 20,00m J= 5,00m

Novo CSF:  < 1,3  
Novo CST:  < 1,5  
Novo CSD (atrito):  < 1,5  
Novo CSD (coesão):  < 3,0  
Nova tensão máx.:  KN/m<sup>2</sup>  
Nova % da base comprimida:

A fissura necessária para conter as tensões de tração na base foi de 3,5m. Quais serão os novos coeficientes de segurança, tensões na base e porcentagem da base comprimida?

**Fluxo principal:**

1. O sistema carrega os valores fornecidos em UC 4 – Selecionar Seção e UC 6 – Informar Níveis de Água, além dos parâmetros mínimos relativos ao caso de carregamento informado em UC 8 – Simular Condição de Carregamento **(R1)**;
2. O sistema calcula as respostas corretas com duas casas decimais **(R2)**;
3. O sistema exibe a interface “Simular tensões na base” com os campos “Novo CSF”, “Novo CST”, “Novo CSD (atrito)”, “Novo CSD (coesão)”, “Nova tensão máx.” e “Nova % da base comprimida” invisíveis **(R3) (R4)**;
4. O usuário preenche os campos “Tensão Máxima” e “Tensão Mínima”;
5. O sistema exibe a simulação correspondente a resposta correta (independente se o usuário acertou ou não);
6. O sistema valida e desativa os campos “Tensão Máxima” e “Tensão Mínima” e exibe a mensagem “Parabéns engenheiro(a)! A base está 100% comprimida. A barragem é segura quanto às tensões na base!!” através do mascote. **(A1) (E1)**
7. O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
8. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos alternativos:**

- A1. A base não está 100% comprimida. É necessário calcular a abertura de fissura:
- a) O sistema exibe a mensagem “A base não está 100% comprimida. As tensões na base não são suficientes, e a fissura necessária para conter as tensões de tração na base foi de XX metros. Quais serão os novos coeficientes de segurança, tensões na base e porcentagem da base comprimida?” através do mascote;
  - b) O sistema torna invisível os campos “Tensão Máx.”, “Tensão Mín.” e “% da base comprimida”;
  - c) O sistema atualiza a imagem da seção para incluir a representação da fissura;
  - d) O sistema torna visível os campos “Novo CSF”, “Novo CST”, “Novo CSD (atrito)”, “Novo CSD (coesão)”, “Nova tensão máx.” e “Nova % da base comprimida”;

- e) O usuário preenche os campos “Novo CSF”, “Novo CST”, “Novo CSD (atrito)”, “Novo CSD (coesão)”, “Nova tensão máx.” e “Nova % da base comprimida”;
- f) O sistema exibe a simulação correspondente a resposta correta (independente se o usuário acertou ou não);
- g) O sistema valida e desativa os campos “Novo CSF”, “Novo CST”, “Novo CSD (atrito)”, “Novo CSD (coesão)”, “Nova tensão máx.” e “Nova % da base comprimida” e exibe a mensagem “feedback” (E1);
- h) O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
- i) O caso de uso é encerrado.

A2. A base não está comprimida e a barragem não é estável quanto a tensões na base:

- a) O sistema exibe a mensagem “feedback” através do mascote;
- b) O sistema modifica e salva as informações de progresso do usuário;
- c) O caso de uso é encerrado;

### **Fluxos de exceção:**

E1. O usuário preenche um campo com dado inconsistente ou incorreto:

- a) O sistema exibe uma mensagem, através do mascote, de acordo com o campo incorreto:
  - i. Tensão máxima: “feedback”;
  - ii. Tensão mínima: “feedback”;
  - iii. % da base comprimida: “feedback”;
  - iv. “Novo CSF”: “feedback”;
  - v. “Novo CST”: “feedback”;
  - vi. “Novo CSD (atrito)”: “feedback”;
  - vii. “Novo CSD (coesão)”: “feedback”;
  - viii. “Nova tensão máx.”: “feedback”;
  - ix. “Nova % da base comprimida”: “feedback”;
- b) O sistema permanece na interface atual.

**Regras de negócio:**

Os coeficientes e parâmetros mínimos de referência são os estabelecidos pela Eletrobrás (2003) conforme a TABELA 2 (pág. 19).

R1. Os cálculos são feitos de acordo com o APÊNDICE 5;

R2. Todos os campos da interface “Simular Tensões na Base e Abertura de Fissura” devem possuir máscara de número:

- a. “Tensão máx.”, “Tensão mín.”, “Novo CSF”, “Novo CST”, “Novo CSD (atrito)”, “Novo CSD (coesão)”, “Nova tensão máx.”: obrigatoriamente 2 algarismos após a vírgula;

R3. O sistema deve ter imagens de cada seção com as respectivas indicações dos parâmetros geométricos e de todos os diagramas de pressão que possuem forças resultantes paralelas ao eixo x.

## UC 13 – Atualizar Usuário

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja atualizar suas informações de cadastro e/ou mudar a senha.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro e estar logado no sistema.

**Protótipo:**

INTERFACE 18 – Atualizar usuário

Nome  
Bruno Colodel

Nome de usuário  
BrunoTLC

E-mail  
bruno.colodel@ufpr.br

ATUALIZAR DADOS

Deseja modificar sua senha?

Senha atual

Nova senha

ATUALIZAR SENHA

**Fluxo principal:**

1. O sistema carrega as informações do usuário;
2. O sistema exibe a interface “Atualizar usuário” com o campo “Nome de usuário” e os botões “Atualizar Dados” e “Atualizar Senha” desabilitados (R1) (R2);
3. O usuário modifica o(s) campo(s) “Nome” e/ou “E-mail” (A1);
4. O sistema habilita o botão “Atualizar Dados”;
5. O usuário clica no botão “Atualizar Dados”;

6. O sistema valida os dados inseridos (E1) (E2);
7. O sistema exibe a mensagem “Dados atualizados com sucesso”;
8. O caso de uso é encerrado.

**Fluxos alternativos:**

A1. O usuário preenche os campos “Senha atual” e “Nova senha”:

- a) O sistema habilita o botão “Atualizar Senha”;
- b) O usuário clica no botão “Atualizar Senha”;
- c) O sistema valida os dados inseridos (E1) (E2);
- d) O sistema exibe a mensagem “Senha atualizada com sucesso”
- e) O caso de uso é encerrado.

**Fluxos de exceção:**

E1. O usuário deixa de preencher algum campo obrigatório:

- a) O sistema exibe a mensagem “Preencha todos os campos obrigatórios”;
- b) O sistema permanece na interface atual.

E2. O usuário preenche um ou mais campos com dados inconsistentes:

- a) O sistema exibe uma mensagem de acordo com o campo inválido:
  - i. Nome: “Nome inválido”;
  - ii. E-mail: “E-mail inválido”;
  - iii. Senha atual: “Senha atual incorreta”;
  - iv. Nova senha: “A nova senha deve possuir pelo menos 5 caracteres”.
- b) O sistema permanece na interface atual.

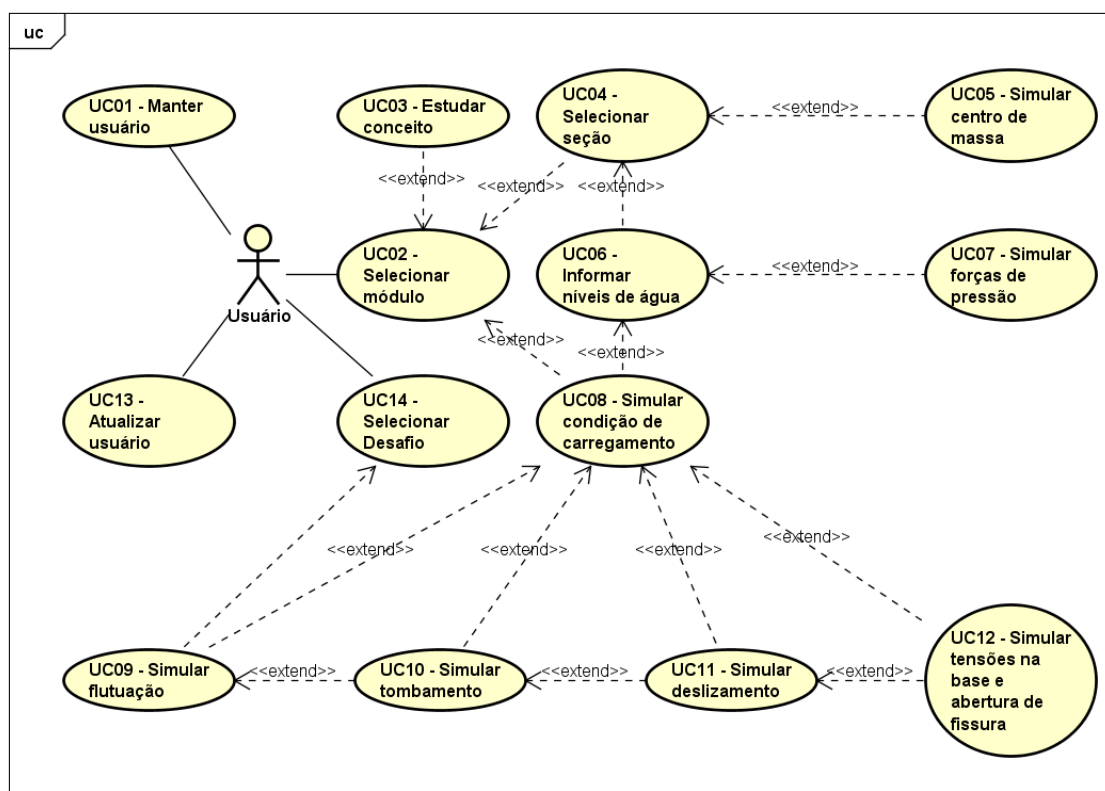
**Regras de negócio:**

- R1. O campo de e-mail deve possuir máscara apropriada;
- R2. O campo de senha deve possuir máscara apropriada.

## UC 14 – Simular Desafio

**Observação:** este caso de uso não será implementado na primeira versão do software educativo, pois implica na modificação do diagrama de caso de uso e em adições de fluxos alternativos em vários casos de uso anteriores.

**Diagrama de caso de uso alterado:**



powered by Astah

**Definição:** caso de uso destinado ao usuário que deseja simular um desafio em um determinado nível de dificuldade.

**Ator:** usuário.

**Pré-condição:** o usuário deve possuir cadastro e estar logado no sistema.

**Protótipo:**

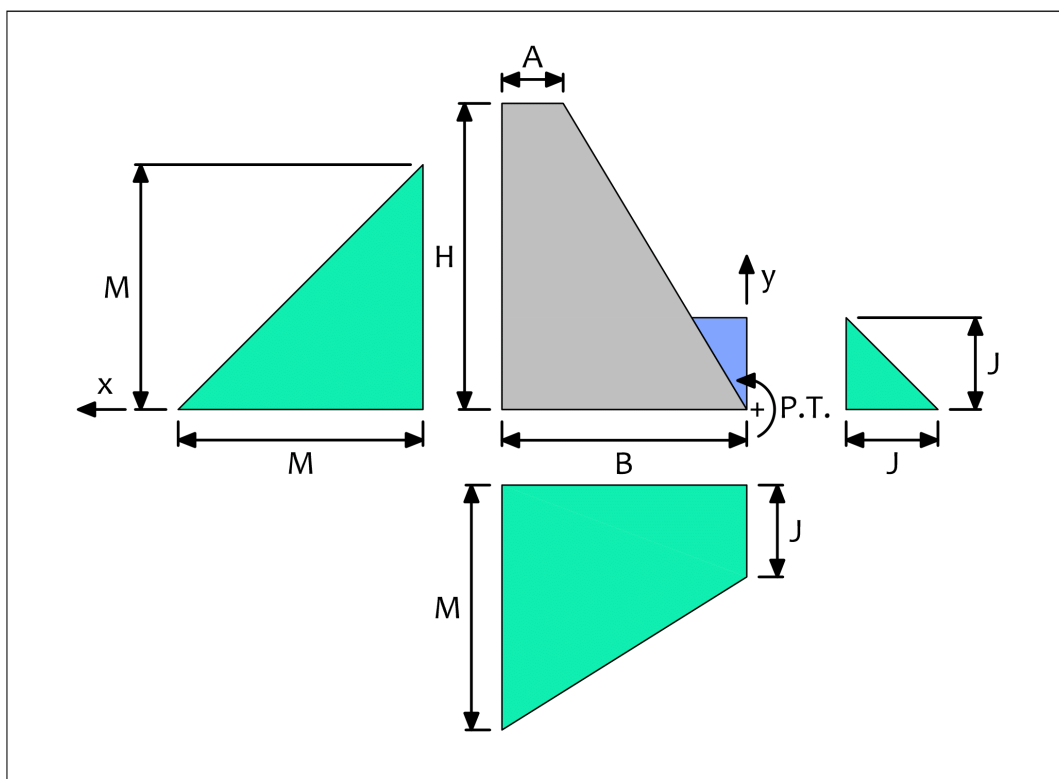
## INTERFACE 19 – Simular desafio





## APÊNDICE 5 – LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO

### SEÇÃO TRANSVERSAL 1



Algoritmo secao1

\*Declaração de Variáveis - Dados Necessários\*

Real PC (Peso Específico do Concreto)

Real PA (Peso Específico da Água)

Real H, A, B (Dimensões da Barragem)

Real M, J (Alturas dos níveis de água à montante e jusante)

Real V (Somatório das Forças Gravitacionais)

Real U (Somatório das Forças de Subpressão)

Real ME (Somatório dos Momentos Estabilizantes)

Real MT (Somatório dos Momentos de Tombamento)

Real T (Somatório das Forças Horizontais)

Real At (Ângulo de Atrito da Superfície em Análise)

Real Co, Com (Coesão Máxima Admissível e Coesão Mínima Necessária)

Real Tmax, Tmin (Tensões Máxima e Mínima Calculadas)

Real X, PorC, PorCm (Variáveis Relativas ao Cálculo da Porcentagem Comprimida da Base)

Real Y (Comprimento da Abertura de Fissura)

Real CSF, CST, CSDa, CSDc (Coeficientes de Segurança Calculados)

Real CSFm, CSTm, CSDam, CSDcm (Coeficientes de Segurança Mínimos)

\*Flutuação\*

\*Processamento de dados\*

'V = (Área da seção de concreto \* Peso Específico do Concreto) + (Área do Diagrama de Peso de Água à Jusante \* Peso Específico da Água)'

$V = [PC * (H * A + (B - A) * H / 2)] + [PA * (J * (B - A) / H) * J / 2]$

'U = Área do Diagrama de Subpressão \* Peso Específico da Água'

$$U = PA * [(M + J) * B/2]$$

$$CSF = V/U$$

Se  $CSF < CSF_m$

“A barragem não está segura quanto à flutuação”

Senão

“A barragem está segura quanto à flutuação”

Fim do Se

\*Tombamento\*

\*Processamento de dados\*

‘ME = Momento Resultante do Peso de Concreto + Momento Resultante do Peso de Água à Jusante + Momento Resultante do Empuxo de Água à Jusante’

$$ME = PC * \{ [(A * H) * (B - A/2)] + [(B - A) * H/2 * (B - A) * 2/3] \} +$$

$$PA * \{ [(J * (B - A) / H) * J/2 * (J * (B - A) / H) * 1/3] + [(J * J/2) * J/3] \}$$

‘MT = Momento Resultante do Diagrama de Subpressão + Momento Resultante do Empuxo de Água à Montante’

$$MT = PA * \{ [(J * B) * B/2] + [(M - J) * B/2 * B * 2/3] + [(M * M/2) * M/3] \}$$

$$CST = ME / MT$$

Se  $CST < CST_m$

“A barragem não está segura quanto ao tombamento”

Senão

“A barragem está segura quanto ao tombamento”

Fim do Se

\*Deslizamento Sem Coesão\*

\*Processamento de dados\*

‘T = Peso Específico da Água \* (Área do Diagrama de Empuxo de Água à Montante – Área do Diagrama de Empuxo de Água à Jusante)’

$$T = PA * [(M * M/2) - (J * J/2)]$$

$$CSDa = [(V - U) * tg(At)] / T$$

Se  $CSDa < CSDam$

“A barragem não está segura quanto ao deslizamento somente com as forças de atrito. Será analisada a segurança ao deslizamento com coesão.”

\*Deslizamento Com Coesão\*

\*Processamento de dados\*

$$CSDc = [(V - U) * tg(At) / (CSDam * T)] + [(Co * B) / (CSDcm * T)]$$

$$Com = (T * CSDcm) / B - [(V - U) * tg(At) * CSDcm / (CSDam * B)]$$

Se  $CSDc < 1$

“A barragem não está segura quanto ao deslizamento mesmo com a coesão máxima admissível de ‘Co’ kN/m<sup>2</sup>.”

Senão

“A barragem está segura quanto ao deslizamento. A coesão mínima necessária é de ‘Com’ kN/m<sup>2</sup>.”

Fim do Se

Senão

“A barragem está segura quanto ao deslizamento”

Fim do Se

\*Tensões na Base\*

$$Tmax = [(V - U) / B] + \{ [(V - U) / (B^2 / 6)] * [(B/2) - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

$$Tmin = [(V - U) / B] - \{ [(V - U) / (B^2 / 6)] * [(B/2) - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

Se  $Tmin > 0$  E  $Tmax > 0$

“A base está 100% comprimida. A barragem é segura quanto às tensões na base”

Fim do Programa

Fim do Se

Se  $T_{min} < 0$  E  $T_{max} < 0$

"A base está 0% comprimida. A barragem não é segura quanto às tensões na base."

Fim do Programa

Fim do Se

Se  $T_{min} < 0$  E  $T_{max} > 0$

$$X = (T_{min} * (-1) * B) / (T_{max} + T_{min} * (-1))$$

$$PorC = 100 - (X / B) * 100$$

"A base está 'PorC' % comprimida. Deve-se fazer o processo de abertura de fissura."

\*Abertura de Fissura – Modificação de U e MT\*

$$Y = 0 \text{ (metros)}$$

$$\text{Enquanto } (B - Y)/3 \neq [(ME - MT) / (V - U)]$$

$$U = PA * [Y * M + (B - Y) * J + ((M - J) * (B - Y) / 2)]$$

$$MT = PA * [(Y * M * B) - (M * Y^2)/2 + (J * (B - Y)^2)/2 + (M^3)/6 + ((M - J) * (B - Y)^2)/3]$$

$$Y = Y + 0,001$$

Fim do Enquanto

'Quando  $(B - Y)/3 = [(ME - MT) / (V - U)]$  recalcula-se U e MT pela última vez:'

$$U = PA * [Y * M + (B - Y) * J + ((M - J) * (B - Y) / 2)]$$

$$MT = PA * [(Y * M * B) - (M * Y^2)/2 + (J * (B - Y)^2)/2 + (M^3)/6 + ((M - J) * (B - Y)^2)/3]$$

'Recalcular CSF, CST, CSDa e CSDc (caso necessário) e reconferir se a barragem está segura em todos estes itens:'

$$CSF = V/U$$

$$CST = ME / MT$$

$$CSDa = [(V - U) * \tan(\alpha_t)] / T$$

'Nos cálculos de CSDc e das tensões na base há uma modificação nas respectivas fórmulas ( $B \rightarrow B - Y$ ):'

$$CSDc = [(V - U) * \tan(\alpha_t) / (CSDam * T)] + [(Co * (B - Y)) / (CSDcm * T)]$$

$$Com = (T * CSDcm) / (B - Y) - [(V - U) * \tan(\alpha_t) * CSDcm / (CSDam * (B - Y))]$$

$$T_{max} = [(V - U) / (B - Y)] + \{ [(V - U) / ((B - Y)^2 / 6)] * [(B - Y)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

'Após a abertura de fissura, a tensão mínima  $T_{min}$  deve ser zero ou muito próximo a zero no comprimento Y da base e  $T_{max}$  no comprimento B'

$$T_{min} = [(V - U) / (B - Y)] - \{ [(V - U) / ((B - Y)^2 / 6)] * [(B - Y)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \} = 0$$

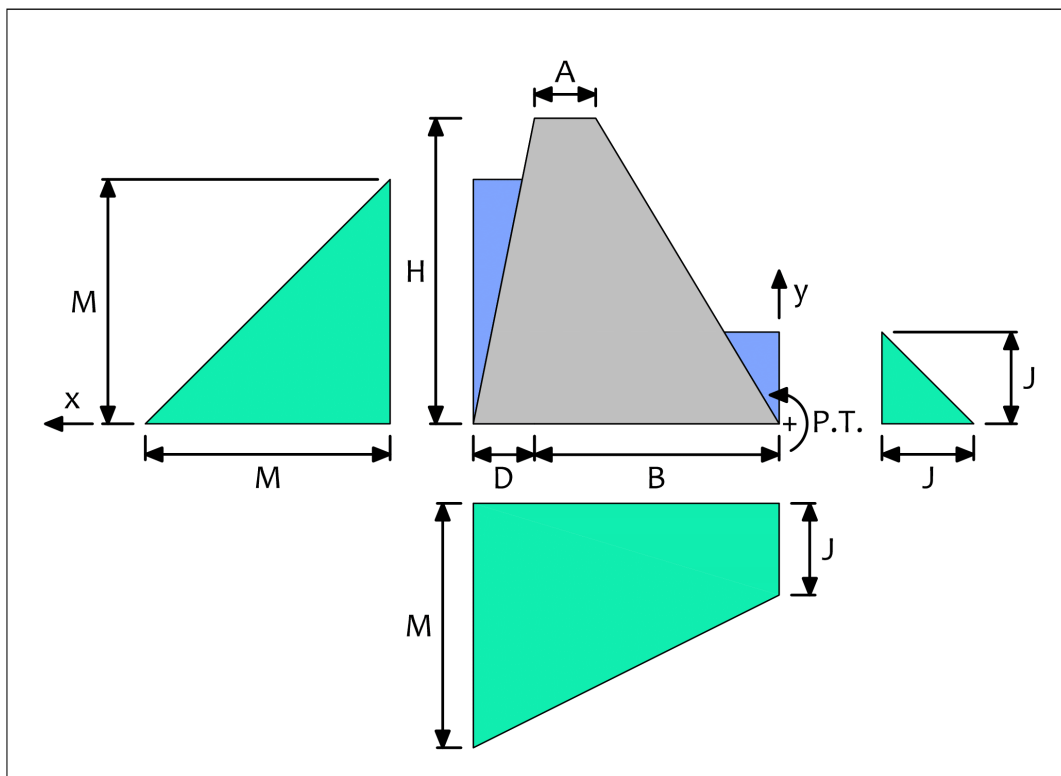
'Nova Porcentagem Comprimida da Base'

$$PorC = 100 - (Y / B) * 100$$

Fim do Programa

Fim do Se

## SEÇÃO TRANSVERSAL 2



Algoritmo secao2

\*Declaração de Variáveis - Dados Necessários\*

Real PC (Peso Específico do Concreto)

Real PA (Peso Específico da Água)

Real H, A, B, D (Dimensões da Barragem)

Real M, J (Alturas dos níveis de água à montante e jusante)

Real V (Somatório das Forças Gravitacionais)

Real U (Somatório das Forças de Subpressão)

Real ME (Somatório dos Momentos Estabilizantes)

Real MT (Somatório dos Momentos de Tombamento)

Real T (Somatório das Forças Horizontais)

Real At (Ângulo de Atrito da Superfície em Análise)

Real Co, Com (Coesão Máxima Admissível e Coesão Mínima Necessária)

Real Tmax, Tmin (Tensões Máxima e Mínima Calculadas)

Real X, PorC, PorCm (Variáveis Relativas ao Cálculo da Porcentagem Comprimida da Base)

Real Y (Comprimento da Abertura de Fissura)

Real CSF, CST, CSDa, CSDc (Coeficientes de Segurança Calculados)

Real CSFm, CSTm, CSDam, CSDcm (Coeficientes de Segurança Mínimos)

\*Flutuação\*

\*Processamento de dados\*

'V = (Área da seção de concreto \* Peso Específico do Concreto) + Peso Específico da Água \* (Área do Diagrama de Peso de Água à Montante + Área do Diagrama de Peso de Água à Jusante)'

$V = PC * [(B+D+A) * H/2] + PA * [(J * (B - A) / H) * J/2 + (M * D / H) * M/2]$

'U = Área do Diagrama de Subpressão \* Peso Específico da Água'

$U = PA * [(M + J) * (B + D)/2]$

$CSF = V/U$

Se  $CSF < CSF_m$

"A barragem não está segura quanto à flutuação"

Senão

"A barragem está segura quanto à flutuação"

Fim do Se

\*Tombamento\*

\*Processamento de dados\*

'ME = Momento Resultante do Peso de Concreto + Momento Resultante do Peso de Água à Montante + Momento Resultante do Peso de Água à Jusante + Momento Resultante do Empuxo de Água à Jusante'

$$ME = PC * [(H * (B - A)^2)/3 + (A * H * B) - (H * A^2)/2 + (H * D * B)/2 + (H * D^2)/6] + PA * [(D * M^2 * (B + D))/(2 * H) - (M^3 * D^2)/(6 * H^2) + (J^3 * (B - A)^2)/(6 * H^2) + (J^3)/6]$$

'MT = Momento Resultante do Diagrama de Subpressão + Momento Resultante do Empuxo de Água à Montante'

$$MT = PA * [(J * (B + D)^2)/2 + (B + D)^2 * (M - J)/3 + (M^3)/6]$$

$$CST = ME / MT$$

Se  $CST < CST_m$

"A barragem não está segura quanto ao tombamento"

Senão

"A barragem está segura quanto ao tombamento"

Fim do Se

\*Deslizamento Sem Coesão\*

\*Processamento de dados\*

'T = Peso Específico da Água \* (Área do Diagrama de Empuxo de Água à Montante - Área do Diagrama de Empuxo de Água à Jusante)'

$$T = PA * [(M * M/2) - (J * J/2)]$$

$$CSDa = [(V - U) * \tan(\alpha_t)] / T$$

Se  $CSDa < CSD_{am}$

"A barragem não está segura quanto ao deslizamento somente com as forças de atrito. Será analisada a segurança ao deslizamento com coesão."

\*Deslizamento Com Coesão\*

\*Processamento de dados\*

$$CSDc = [(V - U) * \tan(\alpha_t) / (CSD_{am} * T)] + [Co * (B + D) / (CSD_{cm} * T)]$$

$$Com = [(T * CSD_{cm}) / (B + D)] - [(V - U) * \tan(\alpha_t) * CSD_{cm} / (CSD_{am} * (B + D))]$$

Se  $CSDc < 1$

"A barragem não está segura quanto ao deslizamento mesmo com a coesão máxima admissível de 'Co' kN/m<sup>2</sup>."

Senão

"A barragem está segura quanto ao deslizamento. A coesão mínima necessária é de 'Com' kN/m<sup>2</sup>."

Fim do Se

Senão

"A barragem está segura quanto ao deslizamento"

Fim do Se

\*Tensões na Base\*

$$T_{max} = [(V - U) / (B + D)] + \{ [(V - U) / ((B + D)^2 / 6)] * [(B + D)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

$$T_{min} = [(V - U) / (B + D)] - \{ [(V - U) / ((B + D)^2 / 6)] * [(B + D)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

Se  $T_{min} > 0$  E  $T_{max} > 0$

"A base está 100% comprimida. A barragem é segura quanto às tensões na base"

Fim do Programa

Fim do Se

Se  $T_{min} < 0$  E  $T_{max} < 0$

"A base está 0% comprimida. A barragem não é segura quanto às tensões na base."

Fim do Programa

Fim do Se

Se  $T_{min} < 0$  E  $T_{max} > 0$

$$X = (T_{min} * (-1) * (B + D)) / (T_{max} - T_{min})$$

$$PorC = 100 - (X / (B + D)) * 100$$

"A base está 'PorC' % comprimida. Deve-se fazer o processo de abertura de fissura."

\*Abertura de Fissura – Modificação de U e MT\*

$$Y = 0 \text{ (metros)}$$

$$\text{Enquanto } (B + D - Y)/3 < [(ME - MT) / (V - U)]$$

$$U = PA * [Y * M + (B + D - Y) * J + ((M - J) * (B + D - Y) / 2)]$$

$$MT = PA * [(Y * M * (B + D - Y/2) + (B + D - Y)^2 * J/2 + (B + D - Y)^2 * (M - J)/3 + M^3/6]$$

$$Y = Y + 0,001$$

Fim do Enquanto

'Quando  $(B + D - Y)/3 = [(ME - MT) / (V - U)]$  recalcula-se U e MT pela última vez:'

$$U = PA * [Y * M + (B + D - Y) * J + ((M - J) * (B + D - Y) / 2)]$$

$$MT = PA * [(Y * M * (B + D - Y/2) + (B + D - Y)^2 * J/2 + (B + D - Y)^2 * (M - J)/3 + M^3/6]$$

'Recalcular CSF, CST, CSDa e CSDc (caso necessário) e reconferir se a barragem está segura em todos estes itens:'

$$CSF = V/U$$

$$CST = ME / MT$$

$$CSDa = [(V - U) * \text{tg}(At)] / T$$

'Nos cálculos de CSDc e das tensões na base há uma modificação nas respectivas fórmulas  $(B + D \rightarrow B + D - Y)$ :'

$$CSDc = [(V - U) * \text{tg}(At) / (CSDam * T)] + [(Co * (B + D - Y)) / (CSDcm * T)]$$

$$Com = (T * CSDcm) / (B + D - Y) - [(V - U) * \text{tg}(At) * CSDcm / (CSDam * (B + D - Y))]$$

$$T_{max} = [(V - U) / (B + D - Y)] + \{ [(V - U) / ((B + D - Y)^2 / 6)] * [(B + D - Y)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

'Após a abertura de fissura, a tensão mínima  $T_{min}$  deve ser zero ou muito próximo a zero no comprimento Y da base e  $T_{max}$  no comprimento B'

$$T_{min} = [(V - U) / (B + D - Y)] - \{ [(V - U) / ((B + D - Y)^2 / 6)] * [(B + D - Y)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \} = 0$$

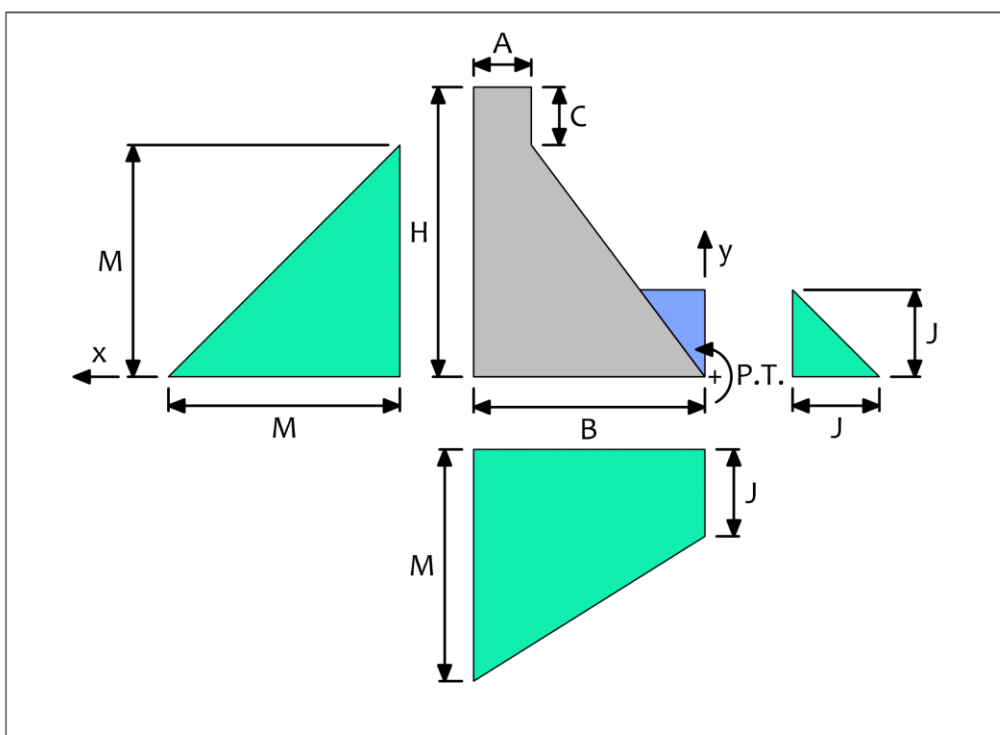
'Nova Porcentagem Comprimida da Base'

$$PorC = 100 - (Y / (B + D)) * 100$$

Fim do Programa

Fim do Se

### SEÇÃO TRANSVERSAL 3



#### Algoritmo secao3

##### \*Declaração de Variáveis - Dados Necessários\*

Real PC (Peso Específico do Concreto)  
 Real PA (Peso Específico da Água)  
 Real H, A, B, C (Dimensões da Barragem)  
 Real M, J (Alturas dos níveis de água à montante e jusante)  
 Real V (Somatório das Forças Gravitacionais)  
 Real U (Somatório das Forças de Subpressão)  
 Real ME (Somatório dos Momentos Estabilizantes)  
 Real MT (Somatório dos Momentos de Tombamento)  
 Real T (Somatório das Forças Horizontais)  
 Real At (Ângulo de Atrito da Superfície em Análise)  
 Real Co, Com (Coesão Máxima Admissível e Coesão Mínima Necessária)  
 Real Tmax, Tmin (Tensões Máxima e Mínima Calculadas)  
 Real X, PorC, PorCm (Variáveis Relativas ao Cálculo da Porcentagem Comprimida da Base)  
 Real Y (Comprimento da Abertura de Fissura)  
 Real CSF, CST, CSDa, CSDc (Coeficientes de Segurança Calculados)  
 Real CSFm, CSTm, CSDam, CSDcm (Coeficientes de Segurança Mínimos)

##### \*Variáveis Auxiliares\*

D = 0  
 E = 0  
 $F = J * (B - A) / (H - C)$   
 $G = J - H + C$

##### \*Flutuação\*

##### \*Processamento de dados\*

'V = (Área da seção de concreto \* Peso Específico do Concreto) + Peso Específico da Água \*  
 (Área do Diagrama de Peso de Água à Montante + Área do Diagrama de Peso de Água à  
 Jusante)'

Se  $J \leq (H - C)$

$$V = PC * [A * H + (B - A) * (H - C)/2 + H * D/2] + PA * [E * M/2 + F * J/2]$$

Senão

$$V = PC * [A * H + (B - A) * (H - C)/2 + H * D/2] + PA * [E * M/2 + (G + J) * (B - A)/2]$$

'U = Área do Diagrama de Subpressão \* Peso Específico da Água'

$$U = PA * [(M + J) * (B + D)/2]$$

$$CSF = V/U$$

Se  $CSF < CSF_m$

"A barragem não está segura quanto à flutuação"

Senão

"A barragem está segura quanto à flutuação"

Fim do Se

\*Tombamento\*

\*Processamento de dados\*

'ME = Momento Resultante do Peso de Concreto + Momento Resultante do Peso de Água à Montante + Momento Resultante do Peso de Água à Jusante + Momento Resultante do Empuxo de Água à Jusante'

Se  $J \leq (H - C)$

$$ME = PC * [A * H * (B - A/2) + (B - A) * (H - C) * (B - A)/3 + (H * D)/2 * (B + D/3)] + PA * [F * J * F/6 + (H * E)/2 * (B + D - E/3) + (J^3)/6]$$

Senão

$$ME = PC * [A * H * (B - A/2) + (B - A) * (H - C) * (B - A)/3 + H * D/2 * (B + D/3)] + PA * [G * (B - A) * (B - A)/2 + (H - C) * (B - A) * (B - A)/6 + E * M/2 * (B + D - E/3)]$$

'MT = Momento Resultante do Diagrama de Subpressão + Momento Resultante do Empuxo de Água à Montante'

$$MT = PA * [(M^3)/6 + J * (B + D) * (B + D)/2 + (M - J) * (B + D) * (B + D)/3]$$

$$CST = ME / MT$$

Se  $CST < CST_m$

"A barragem não está segura quanto ao tombamento"

Senão

"A barragem está segura quanto ao tombamento"

Fim do Se

\*Deslizamento Sem Coesão\*

\*Processamento de dados\*

'T = Peso Específico da Água \* (Área do Diagrama de Empuxo de Água à Montante - Área do Diagrama de Empuxo de Água à Jusante)'

$$T = PA * [(M * M/2) - (J * J/2)]$$

$$CSDa = [(V - U) * tg(At)] / T$$

Se  $CSDa < CSDam$

"A barragem não está segura quanto ao deslizamento somente com as forças de atrito. Será analisada a segurança ao deslizamento com coesão."

\*Deslizamento Com Coesão\*

\*Processamento de dados\*

$$CSDc = [(V - U) * tg(At) / (CSDam * T)] + [Co * (B + D) / (CSDcm * T)]$$

$$Com = [(T * CSDcm) / (B + D)] - [(V - U) * tg(At) * CSDcm / (CSDam * (B + D))]$$

Se  $CSDc < 1$

"A barragem não está segura quanto ao deslizamento mesmo com a coesão máxima admissível de 'Co' kN/m<sup>2</sup>."

Senão

"A barragem está segura quanto ao deslizamento. A coesão mínima necessária é de 'Com' kN/m<sup>2</sup>."



Fim do Se

Senão

“A barragem está segura quanto ao deslizamento”

Fim do Se

\*Tensões na Base\*

$$T_{\max} = [(V - U) / (B + D)] + \{ [(V - U) / ((B + D)^2 / 6)] * [(B + D)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

$$T_{\min} = [(V - U) / (B + D)] - \{ [(V - U) / ((B + D)^2 / 6)] * [(B + D)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

Se  $T_{\min} > 0$  E  $T_{\max} > 0$

“A base está 100% comprimida. A barragem é segura quanto às tensões na base”

Fim do Programa

Fim do Se

Se  $T_{\min} < 0$  E  $T_{\max} < 0$

“A base está 0% comprimida. A barragem não é segura quanto às tensões na base.”

Fim do Programa

Fim do Se

Se  $T_{\min} < 0$  E  $T_{\max} > 0$

$$X = (T_{\min} * (-1) * (B + D)) / (T_{\max} - T_{\min})$$

$$PorC = 100 - (X / (B + D)) * 100$$

“A base está ‘PorC’ % comprimida. Deve-se fazer o processo de abertura de fissura.”

\*Abertura de Fissura – Modificação de U e MT\*

$$Y = 0 \text{ (metros)}$$

$$\text{Enquanto } (B + D - Y)/3 < [(ME - MT) / (V - U)]$$

$$U = PA * [Y * M + (B + D - Y) * J + ((M - J) * (B + D - Y) / 2)]$$

$$MT = PA * [ (Y * M * (B + D - Y/2) + (B + D - Y)^2 * J/2 + (B + D - Y)^2 * (M - J)/3 + M^3/6 ]$$

$$Y = Y + 0,001$$

Fim do Enquanto

‘Quando  $(B + D - Y)/3 = [(ME - MT) / (V - U)]$  recalcula-se U e MT pela última vez:’

$$U = PA * [Y * M + (B + D - Y) * J + ((M - J) * (B + D - Y) / 2)]$$

$$MT = PA * [ (Y * M * (B + D - Y/2) + (B + D - Y)^2 * J/2 + (B + D - Y)^2 * (M - J)/3 + M^3/6 ]$$

‘Recalcular CSF, CST, CSDa e CSDc (caso necessário) e reconferir se a barragem está segura em todos estes itens:’

$$CSF = V/U$$

$$CST = ME / MT$$

$$CSDa = [(V - U) * \text{tg}(At)] / T$$

‘Nos cálculos de CSDc e das tensões na base há uma modificação nas respectivas fórmulas  $(B + D \rightarrow B + D - Y)$ :’

$$CSDc = [ (V - U) * \text{tg}(At) / (CSDam * T) ] + [ (Co * (B + D - Y)) / (CSDcm * T) ]$$

$$Com = (T * CSDcm) / (B + D - Y) - [(V - U) * \text{tg}(At) * CSDcm / (CSDam * (B + D - Y))]$$

$$T_{\max} = [(V - U) / (B + D - Y)] + \{ [(V - U) / ((B + D - Y)^2 / 6)] * [(B + D - Y)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

‘Após a abertura de fissura, a tensão mínima  $T_{\min}$  deve ser zero ou muito próximo a zero no comprimento Y da base e  $T_{\max}$  no comprimento B’

$$T_{\min} = [(V - U) / (B + D - Y)] - \{ [(V - U) / ((B + D - Y)^2 / 6)] * [(B + D - Y)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \} = 0$$

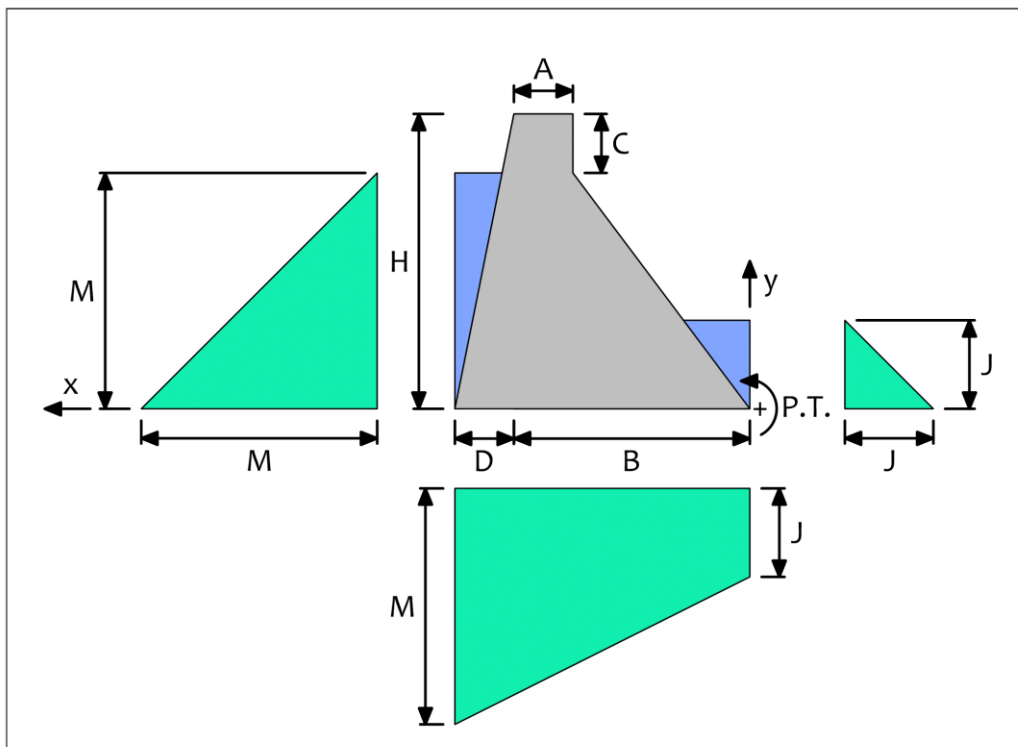
‘Nova Porcentagem Comprimida da Base’

$$PorC = 100 - (Y / (B + D)) * 100$$

Fim do Programa

Fim do Se

## SEÇÃO TRANSVERSAL 4



Algoritmo sec4

\*Declaração de Variáveis - Dados Necessários\*

Real PC (Peso Específico do Concreto)

Real PA (Peso Específico da Água)

Real H, A, B, C, D (Dimensões da Barragem)

Real M, J (Alturas dos níveis de água à montante e jusante)

Real V (Somatório das Forças Gravitacionais)

Real U (Somatório das Forças de Subpressão)

Real ME (Somatório dos Momentos Estabilizantes)

Real MT (Somatório dos Momentos de Tombamento)

Real T (Somatório das Forças Horizontais)

Real At (Ângulo de Atrito da Superfície em Análise)

Real Co, Com (Coesão Máxima Admissível e Coesão Mínima Necessária)

Real Tmax, Tmin (Tensões Máxima e Mínima Calculadas)

Real X, PorC, PorCm (Variáveis Relativas ao Cálculo da Porcentagem Comprimida da Base)

Real Y (Comprimento da Abertura de Fissura)

Real CSF, CST, CSDa, CSDc (Coeficientes de Segurança Calculados)

Real CSFm, CSTm, CSDam, CSDcm (Coeficientes de Segurança Mínimos)

\*Variáveis Auxiliares\*

$E = (M * D) / H$

$F = J * (B - A) / (H - C)$

$G = J - H + C$

\*Flutuação\*

\*Processamento de dados\*

'V = (Área da seção de concreto \* Peso Específico do Concreto) + Peso Específico da Água \* (Área do Diagrama de Peso de Água à Montante + Área do Diagrama de Peso de Água à Jusante)'

Se  $J \leq (H - C)$

$$V = PC * [A * H + (B - A) * (H - C)/2 + H * D/2] + PA * [E * M/2 + F * J/2]$$

Senão

$$V = PC * [A * H + (B - A) * (H - C)/2 + H * D/2] + PA * [E * M/2 + (G + J) * (B - A)/2]$$

'U = Área do Diagrama de Subpressão \* Peso Específico da Água'

$$U = PA * [(M + J) * (B + D)/2]$$

$$CSF = V/U$$

Se CSF < CSFm

"A barragem não está segura quanto à flutuação"

Senão

"A barragem está segura quanto à flutuação"

Fim do Se

\*Tombamento\*

\*Processamento de dados\*

'ME = Momento Resultante do Peso de Concreto + Momento Resultante do Peso de Água à Montante + Momento Resultante do Peso de Água à Jusante + Momento Resultante do Empuxo de Água à Jusante'

Se J <= (H - C)

$$ME = PC * [A * H * (B - A/2) + (B - A) * (H - C) * (B - A)/3 + (H * D)/2 * (B + D/3)] + PA * [F * J * F/6 + (H * E)/2 * (B + D - E/3) + (J^3)/6]$$

Senão

$$ME = PC * [A * H * (B - A/2) + (B - A) * (H - C) * (B - A)/3 + (H * D)/2 * (B + D/3)] + PA * [G * (B - A) * (B - A)/2 + (H - C) * (B - A) * (B - A)/6 + E * M/2 * (B + D - E/3) + (J^3)/6]$$

'MT = Momento Resultante do Diagrama de Subpressão + Momento Resultante do Empuxo de Água à Montante'

$$MT = PA * [(M^3)/6 + J * (B + D) * (B + D)/2 + (M - J) * (B + D) * (B + D)/3]$$

$$CST = ME / MT$$

Se CST < CSTm

"A barragem não está segura quanto ao tombamento"

Senão

"A barragem está segura quanto ao tombamento"

Fim do Se

\*Deslizamento Sem Coesão\*

\*Processamento de dados\*

'T = Peso Específico da Água \* (Área do Diagrama de Empuxo de Água à Montante - Área do Diagrama de Empuxo de Água à Jusante)'

$$T = PA * [(M * M/2) - (J * J/2)]$$

$$CSDa = [(V - U) * tg(At)] / T$$

Se CSDa < CSDam

"A barragem não está segura quanto ao deslizamento somente com as forças de atrito. Será analisada a segurança ao deslizamento com coesão."

\*Deslizamento Com Coesão\*

\*Processamento de dados\*

$$CSDc = [(V - U) * tg(At) / (CSDam * T)] + [Co * (B + D) / (CSDcm * T)]$$

$$Com = [(T * CSDcm) / (B + D)] - [(V - U) * tg(At) * CSDcm / (CSDam * (B + D))]$$

Se CSDc < 1

"A barragem não está segura quanto ao deslizamento mesmo com a coesão máxima admissível de 'Co' kN/m<sup>2</sup>."

Senão

"A barragem está segura quanto ao deslizamento. A coesão mínima necessária é de 'Com' kN/m<sup>2</sup>."

Fim do Se

Senão

“A barragem está segura quanto ao deslizamento”

Fim do Se

\*Tensões na Base\*

$$T_{\max} = [(V - U) / (B + D)] + \{ [(V - U) / ((B + D)^2 / 6)] * [(B + D)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

$$T_{\min} = [(V - U) / (B + D)] - \{ [(V - U) / ((B + D)^2 / 6)] * [(B + D)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

Se  $T_{\min} > 0$  E  $T_{\max} > 0$

“A base está 100% comprimida. A barragem é segura quanto às tensões na base”

Fim do Programa

Fim do Se

Se  $T_{\min} < 0$  E  $T_{\max} < 0$

“A base está 0% comprimida. A barragem não é segura quanto às tensões na base.”

Fim do Programa

Fim do Se

Se  $T_{\min} < 0$  E  $T_{\max} > 0$

$$X = (T_{\min} * (-1) * (B + D)) / (T_{\max} - T_{\min})$$

$$PorC = 100 - (X / (B + D)) * 100$$

“A base está ‘PorC’ % comprimida. Deve-se fazer o processo de abertura de fissura.”

\*Abertura de Fissura – Modificação de U e MT\*

$$Y = 0 \text{ (metros)}$$

$$\text{Enquanto } (B + D - Y)/3 < [(ME - MT) / (V - U)]$$

$$U = PA * [Y * M + (B + D - Y) * J + ((M - J) * (B + D - Y) / 2)]$$

$$MT = PA * [ (Y * M * (B + D - Y/2) + (B + D - Y)^2 * J/2 + (B + D - Y)^2 * (M - J)/3 + M^3/6 ]$$

$$Y = Y + 0,001$$

Fim do Enquanto

‘Quando  $(B + D - Y)/3 = [(ME - MT) / (V - U)]$  recalcula-se U e MT pela última vez:’

$$U = PA * [Y * M + (B + D - Y) * J + ((M - J) * (B + D - Y) / 2)]$$

$$MT = PA * [ (Y * M * (B + D - Y/2) + (B + D - Y)^2 * J/2 + (B + D - Y)^2 * (M - J)/3 + M^3/6 ]$$

‘Recalcular CSF, CST, CSDa e CSDc (caso necessário) e reconferir se a barragem está segura em todos estes itens:’

$$CSF = V/U$$

$$CST = ME / MT$$

$$CSDa = [(V - U) * \text{tg}(At)] / T$$

‘Nos cálculos de CSDc e das tensões na base há uma modificação nas respectivas fórmulas  $(B + D \rightarrow B + D - Y)$ :’

$$CSDc = [(V - U) * \text{tg}(At) / (CSDam * T)] + [(Co * (B + D - Y)) / (CSDcm * T)]$$

$$Com = (T * CSDcm) / (B + D - Y) - [(V - U) * \text{tg}(At) * CSDcm / (CSDam * (B + D - Y))]$$

$$T_{\max} = [(V - U) / (B + D - Y)] + \{ [(V - U) / ((B + D - Y)^2 / 6)] * [(B + D - Y)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \}$$

‘Após a abertura de fissura, a tensão mínima  $T_{\min}$  deve ser zero ou muito próximo a zero no comprimento Y da base e  $T_{\max}$  no comprimento B’

$$T_{\min} = [(V - U) / (B + D - Y)] - \{ [(V - U) / ((B + D - Y)^2 / 6)] * [(B + D - Y)/2 - (ME - MT) / (V - U)] \} = 0$$

‘Nova Porcentagem Comprimida da Base’

$$PorC = 100 - (Y / (B + D)) * 100$$

Fim do Programa

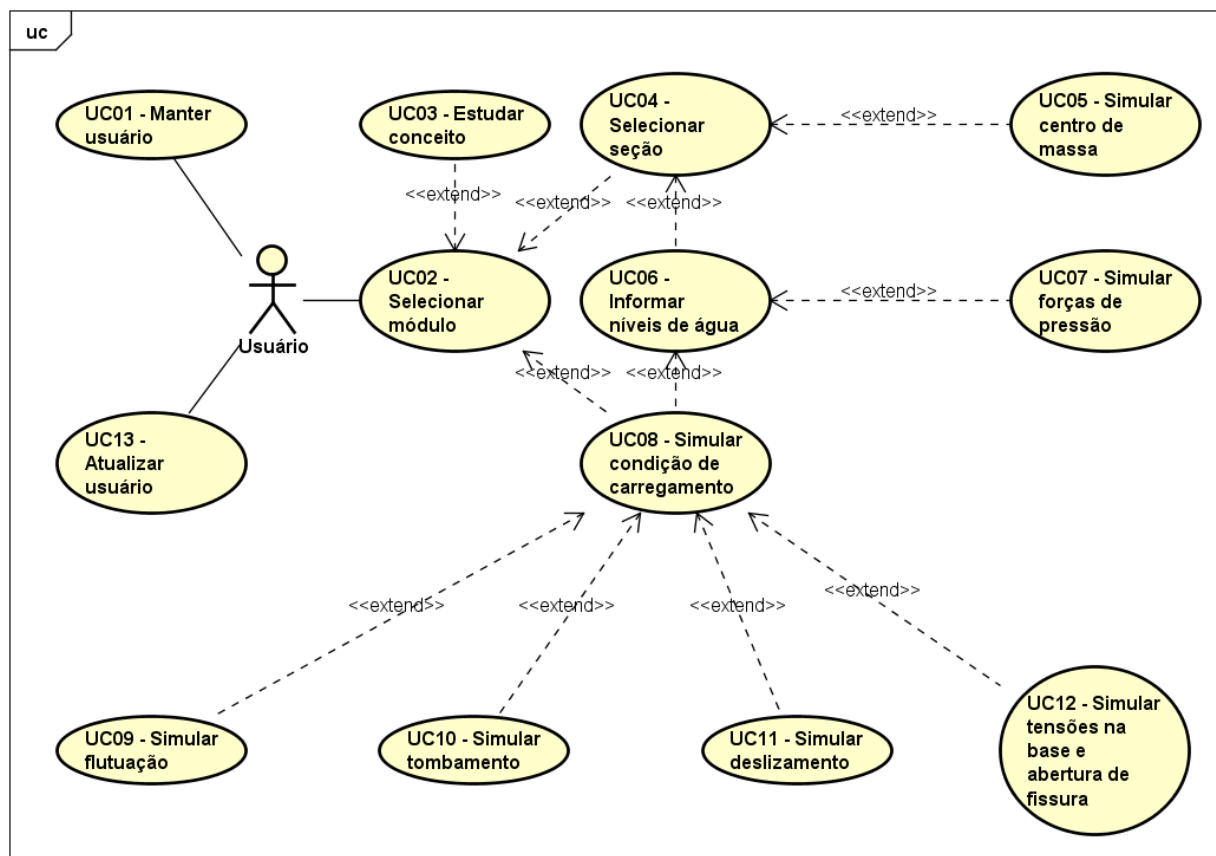
Fim do Se

## APÊNDICE 6 – DIAGRAMAS

### 1. Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso foi elaborado a partir da análise dos requisitos funcionais, representado a seguir:

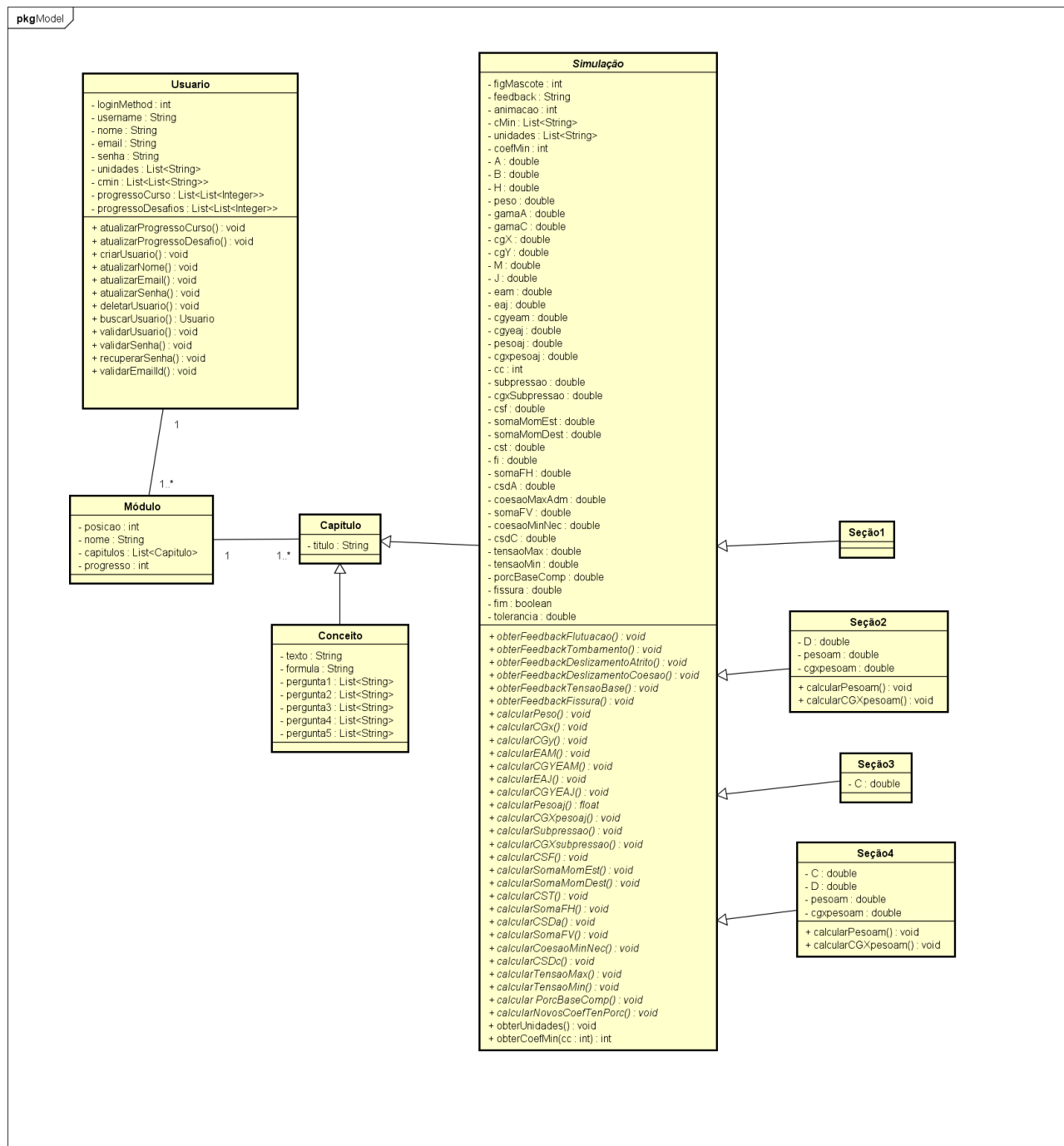
DIAGRAMA DE CASO DE USO



## 2. Diagrama de Classes

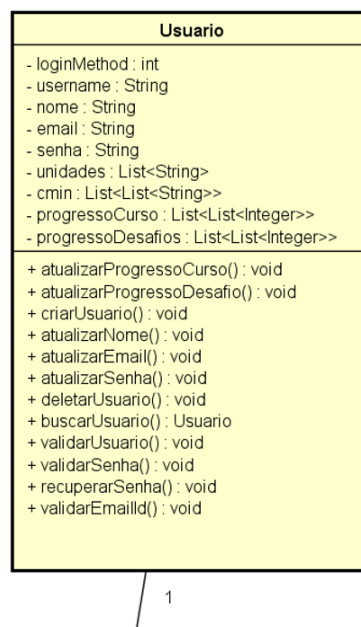
Conforme as especificações de caso de uso, foi elaborado o diagrama de classes das classes de negócio, contendo as funcionalidades do sistema. Abaixo segue figura contendo o diagrama geral.

DIAGRAMA DE CLASSES - MODEL



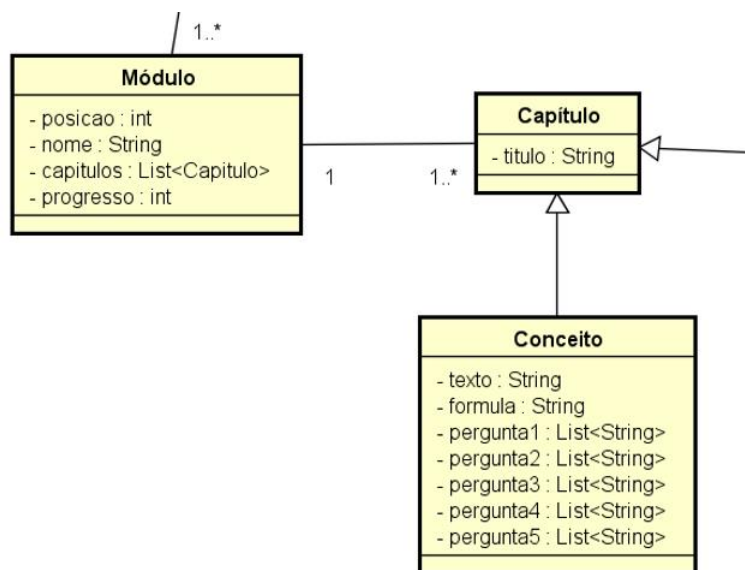
A classe Usuário contém os atributos pertinentes aos usuários do sistema, bem como os métodos para validação e atualização das informações, inclusive do progresso do usuário nos módulos.

DIAGRAMA DE CLASSES - CLASSE USUÁRIO



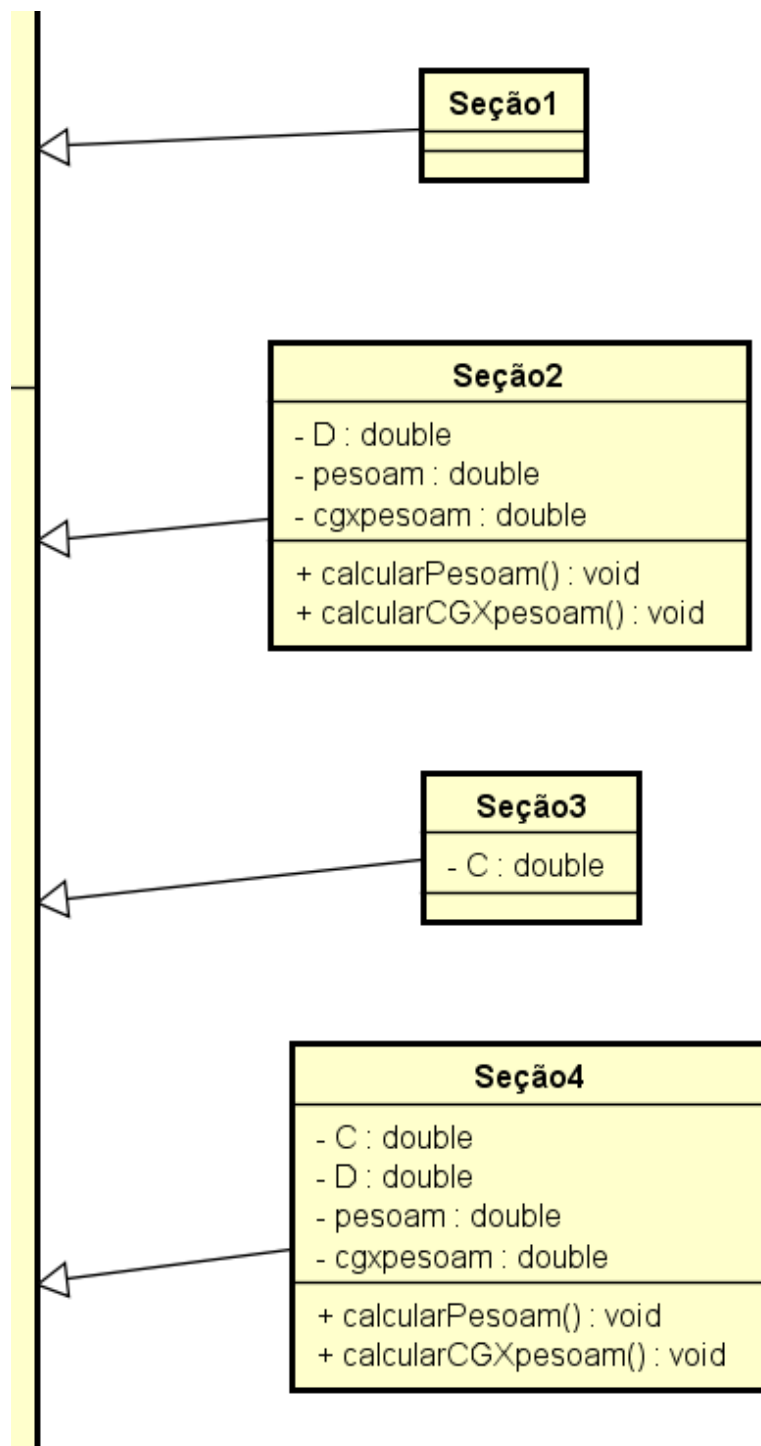
A classe Módulo contém os atributos referentes aos módulos da aplicação, armazenando aqui a lista dos capítulos. A classe Capítulo contém um atributo para o título de cada capítulo que pode ser escolhido pelo usuário. A classe Conceito é usada para obter as perguntas nos capítulos conceituais.

DIAGRAMA DE CLASSES - CLASSES MÓDULO, CAPÍTULO, CONCEITO



As classes Seção 1, Seção 2, Seção 3 e Seção 4 são classes filhas da classe Simulação, herdando todos os seus atributos e métodos, mas também com os seus próprios conforme as especificidades de cada tipo de seção adotada na aplicação.

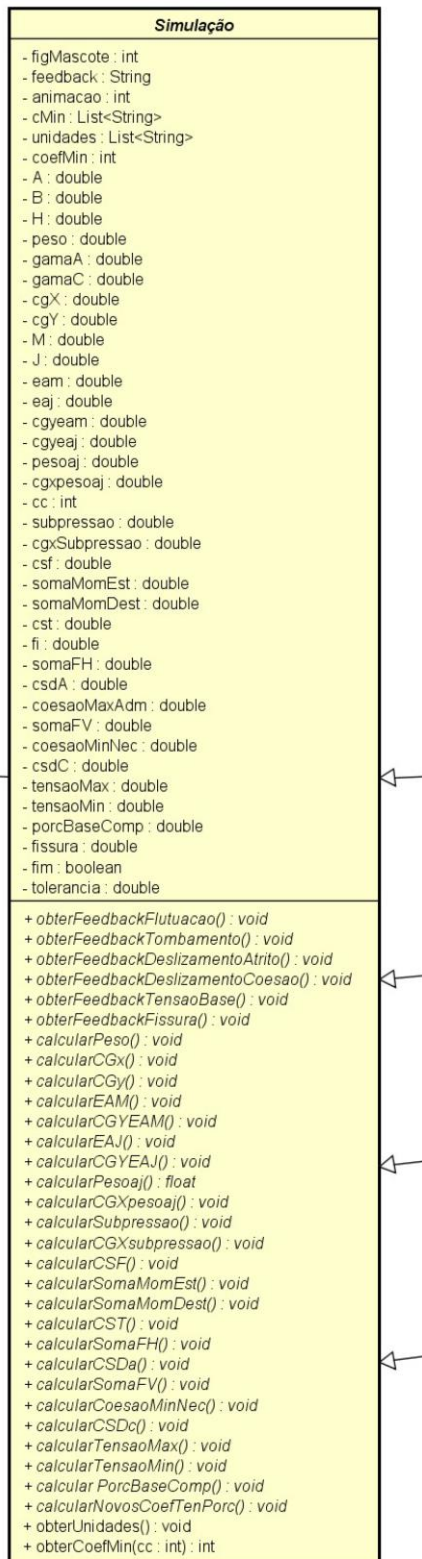
DIAGRAMA DE CLASSES - CLASSES SEÇÃO01, SEÇÃO02, SEÇÃO03, SEÇÃO04





A classe Simulação é a classe principal da aplicação, contendo todos os atributos e métodos necessários para todos os cálculos efetuados nas simulações.

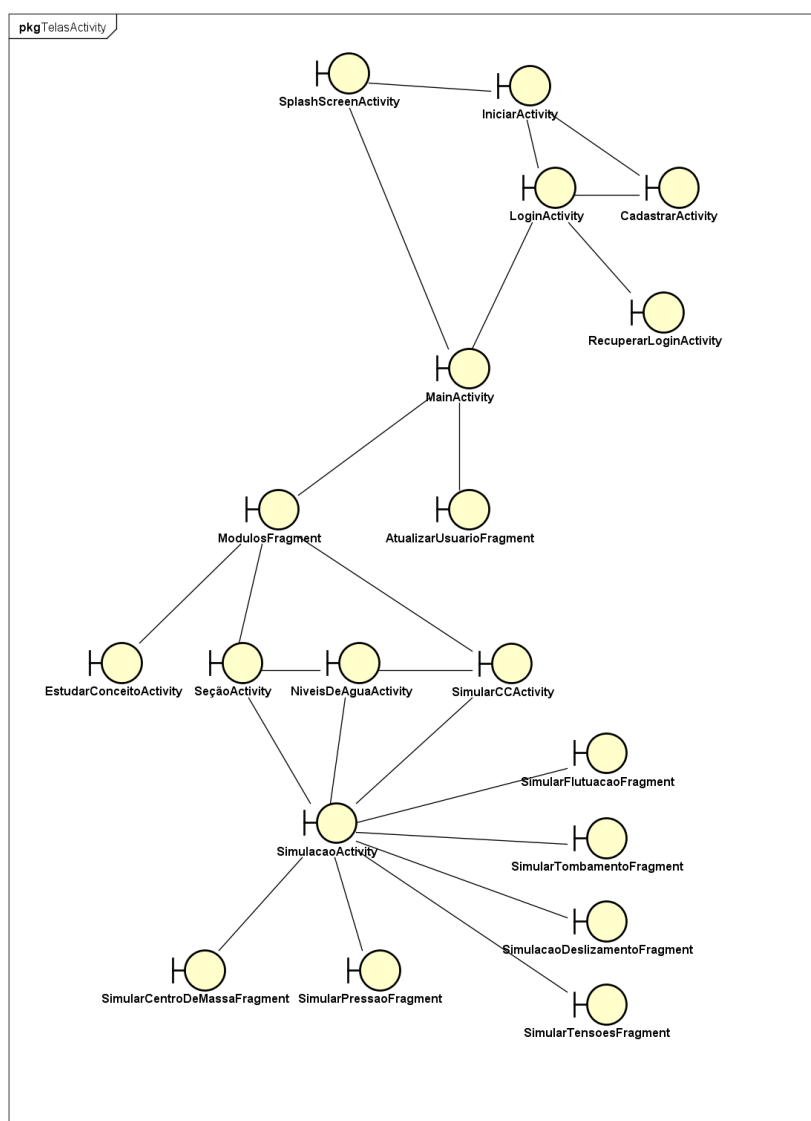
#### DIAGRAMA DE CLASSES - CLASSE SIMULAÇÃO



### 3. Diagrama de Classes – Interfaces

Cada elemento representado é uma tela da aplicação, com métodos e atributos nativos da plataforma Android que as tornam distintas das classes de negócio modeladas na análise do software, e por este motivo foram representadas de forma separada do restante do Diagrama de Classes. Adicionalmente, a figura também mostra como estas telas estão interligadas, apresentando a sequência de utilização do software educativo, iniciando na “SplashScreenActivity”.

DIAGRAMA DE CLASSES DAS INTERFACES

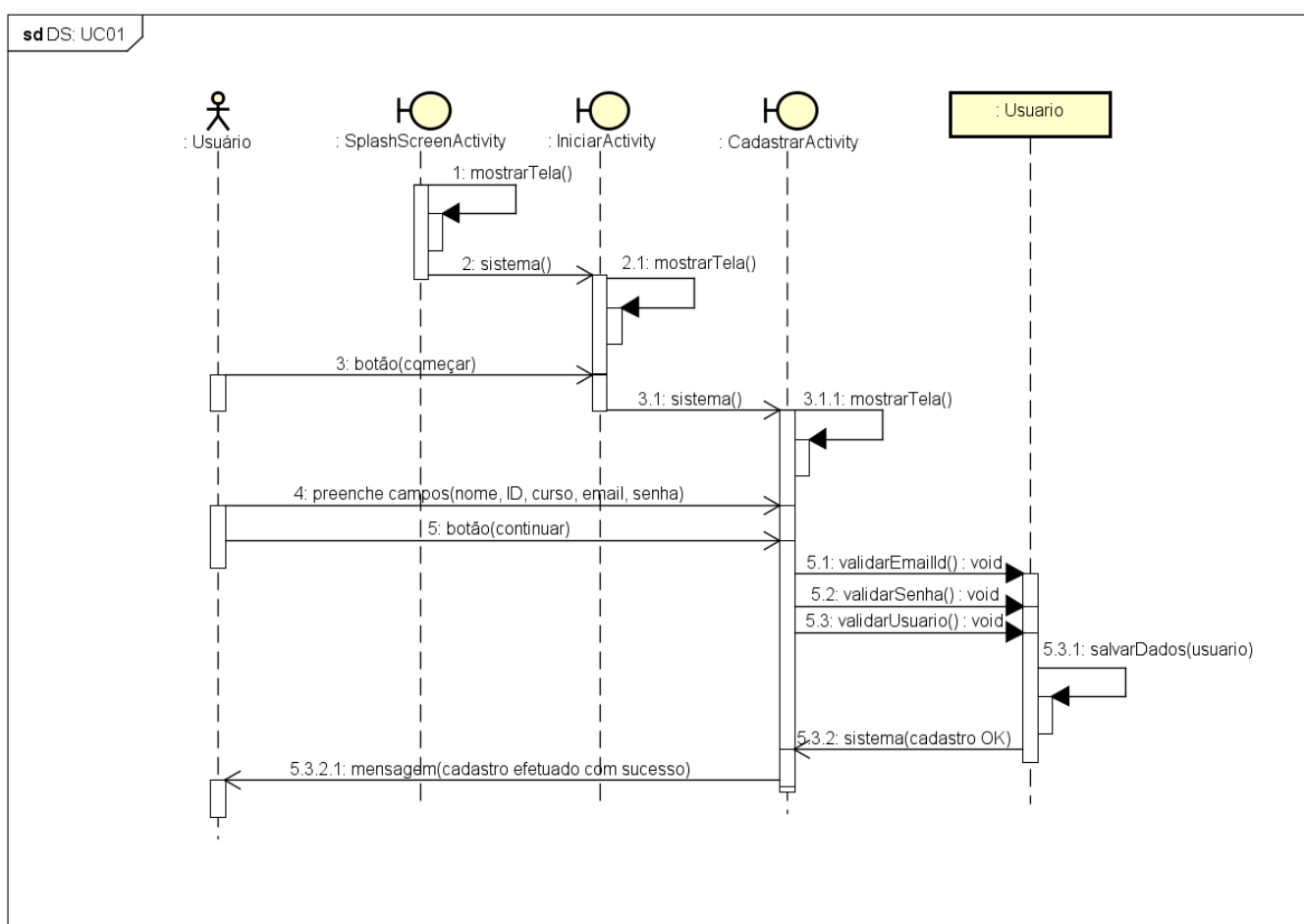


## 4. Diagramas de Sequência

4.1. UC01: mostra as telas iniciais de abertura, conforme ordem de execução do software educativo:

- SplashScreenActivity: define o local e a língua padrão do app como Brasil e português, respectivamente. Além disso, controla a animação do logo da série "Build the Future".
- IniciarActivity: mostra os botões de login no software educativo ("Começar", "Já possuo conta");
- CadastrarActivity: apresenta as funções de cadastro de usuário;
- Classe Usuário: contém os atributos necessários para armazenar as informações do usuário cadastrado.

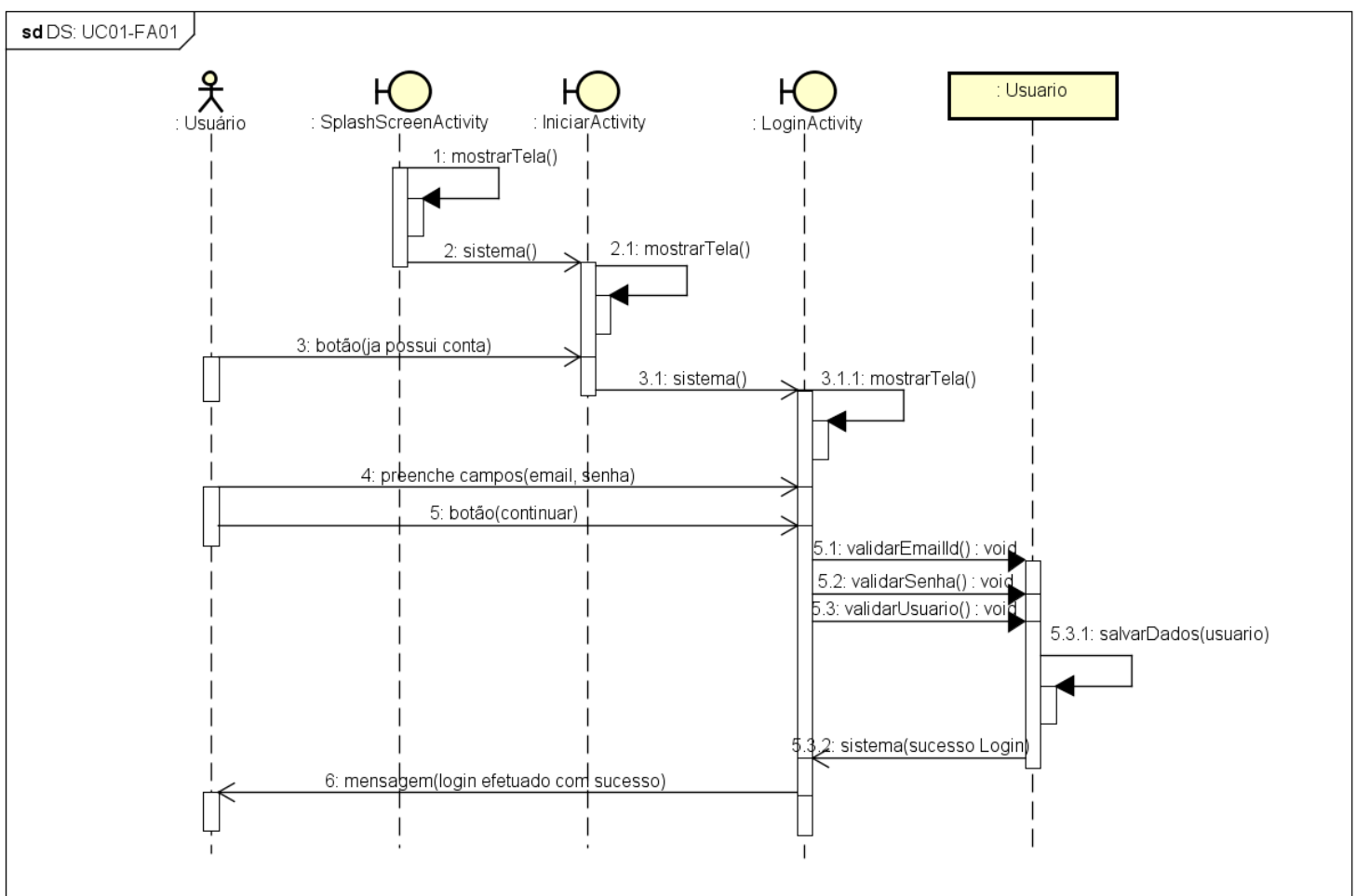
DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC01  
FLUXO PRINCIPAL: TELAS INICIAIS E CADASTRO DE USUÁRIO



4.2. UC01-FA01: Mostra as telas iniciais conforme diagrama UC01, porém com o usuário escolhendo a opção de login (botão “Já possuo conta”);

- a) SplashScreenActivity e IniciarActivity: conforme diagrama anterior;
- b) Login Activity: apresenta as funções de login do usuário;
- c) Classes Usuário e Banco: conforme diagrama anterior;

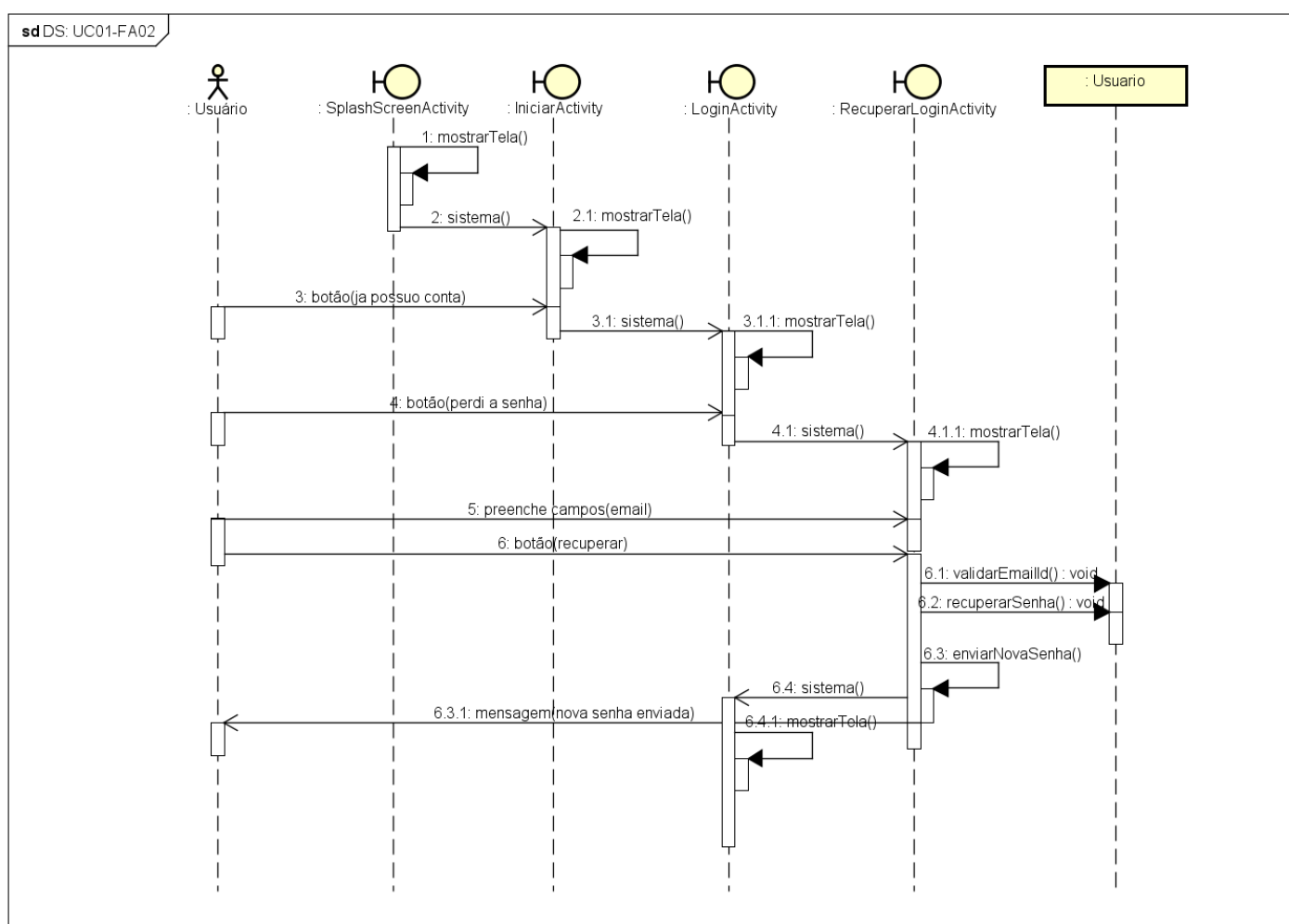
DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC01-FA01  
FLUXO ALTERNATIVO: LOGIN COM USUÁRIO JÁ CADASTRADO



4.3. UC01-FA02: Mostra as telas iniciais conforme diagrama UC01, porém com o usuário escolhendo a opção de recuperar senha (botão “Perdi a senha”);

- a) SplashScreenActivity e IniciarActivity: conforme diagrama anterior;
- b) Login Activity: apresenta as funções de login do usuário;
- c) Login Activity: apresenta as funções de login do usuário;
- d) Classes Usuário e Banco: conforme diagrama anterior;

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC01-FA02  
FLUXO ALTERNATIVO: RECUPERAÇÃO DE SENHA

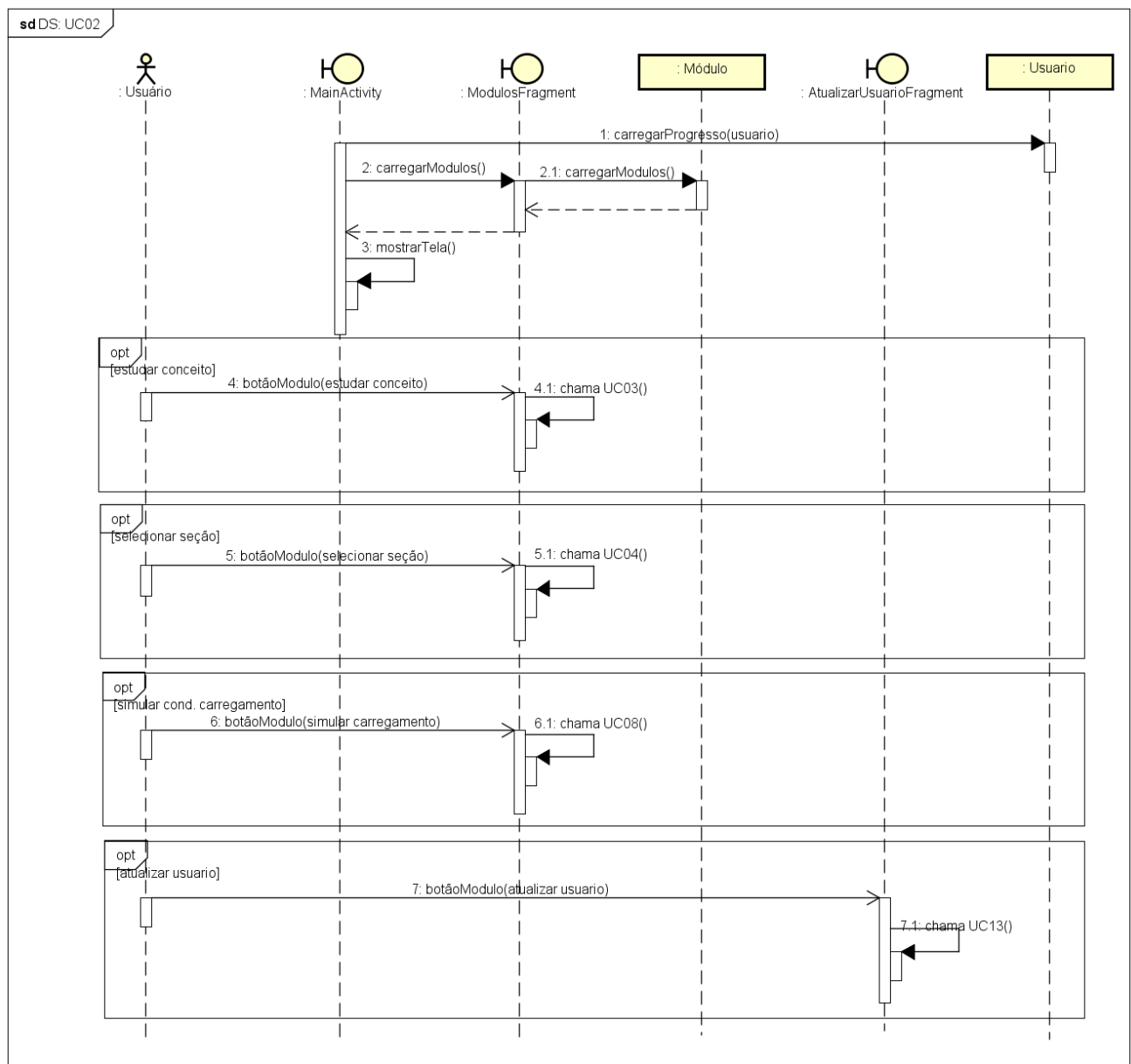


#### 4.4. UC02: Mostra a tela principal após efetuado o login com sucesso;

- a) MainActivity: mostra a interface principal do software educativo, abrigando as classes ModulosFragment e AtualizarUsuarioFragment;
- b) ModulosFragment: interface para escolha dos módulos de aprendizado, abrigada na classe MainActivity;
- c) AtualizarUsuarioFragment: interface para atualização dos dados do usuário, abrigada na classe MainActivity;

#### DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC02

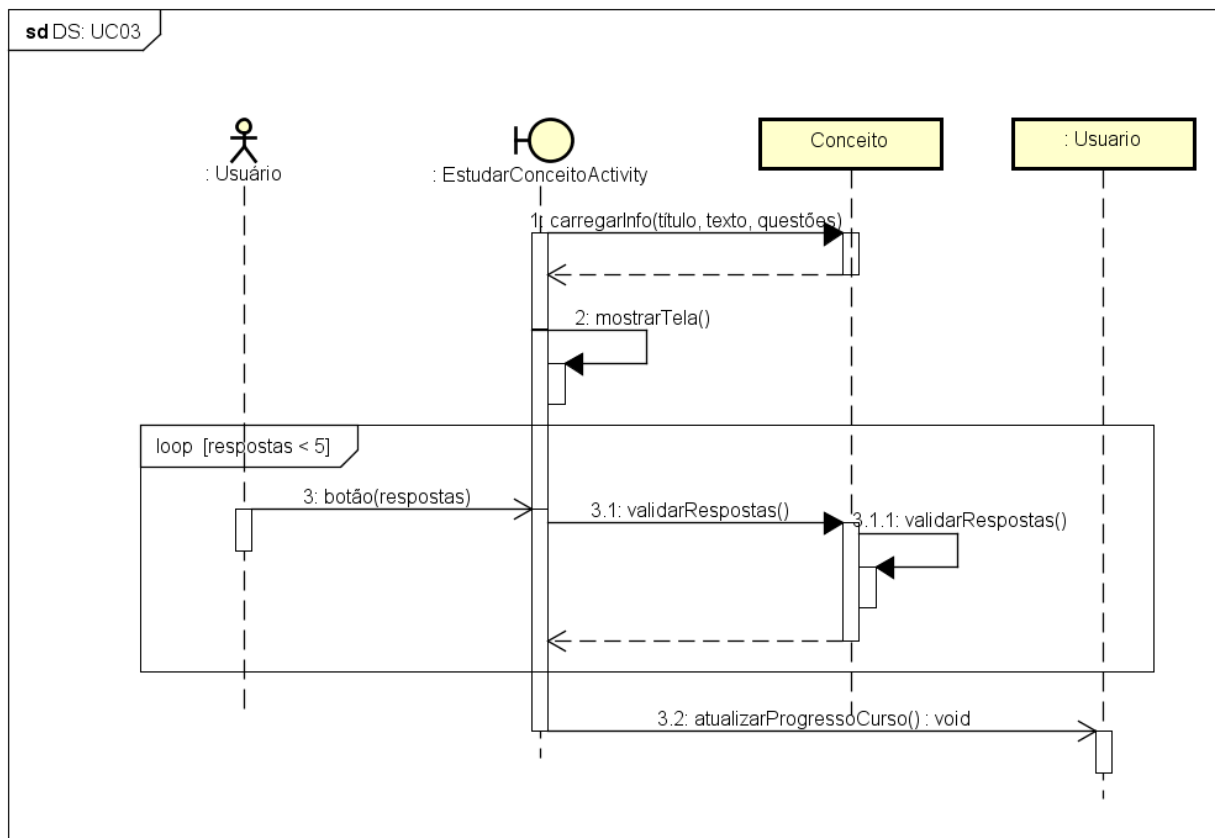
##### FLUXO PRINCIPAL: TELA PRINCIPAL – ESCOLHA DOS MÓDULOS



4.5. UC03: Mostra as telas de estudo dos conceitos teóricos de cada capítulo;

- a) EstudarConceitoActivity: apresenta o conteúdo teórico conforme capítulo escolhido na tela MódulosFragment (UC02).

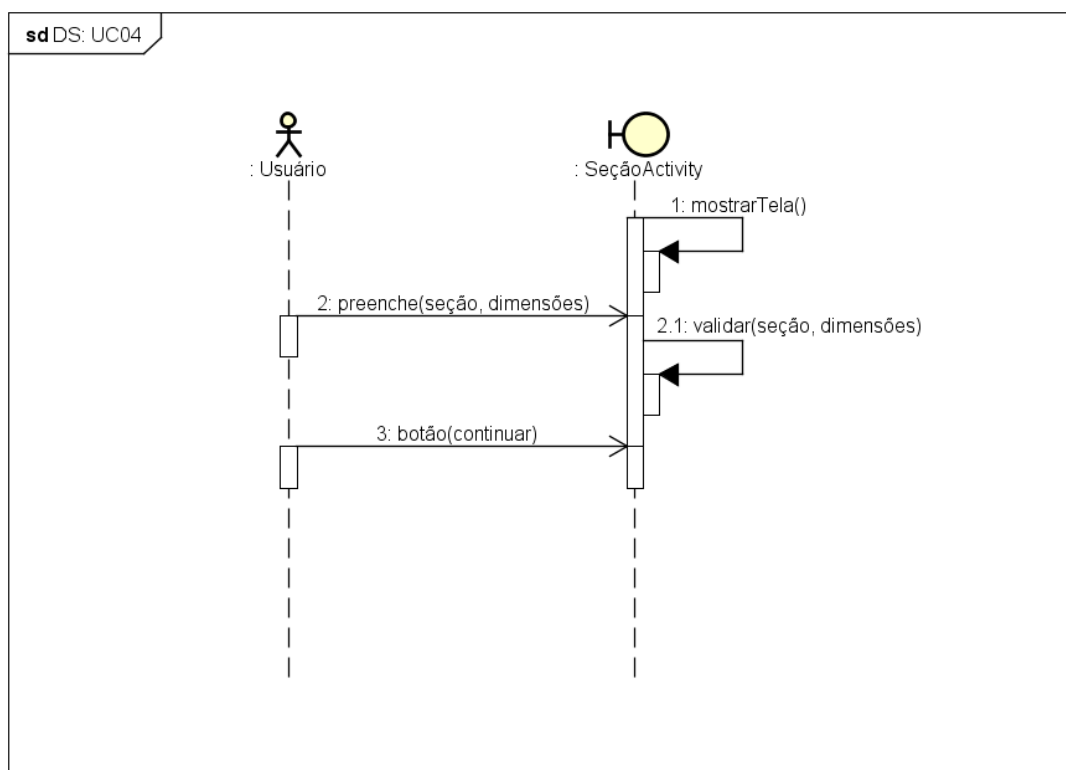
DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC03  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO ESTUDAR CONCEITO



4.6. UC04: Mostra a tela de escolha da seção da barragem a ser utilizada nos módulos de simulação;

- a) SeçãoActivity: apresenta para escolha do usuário os tipos de seção transversal da barragem a ser adotada na simulação, permitindo a entrada dos parâmetros da mesma;

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC04  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO SELECIONAR SEÇÃO

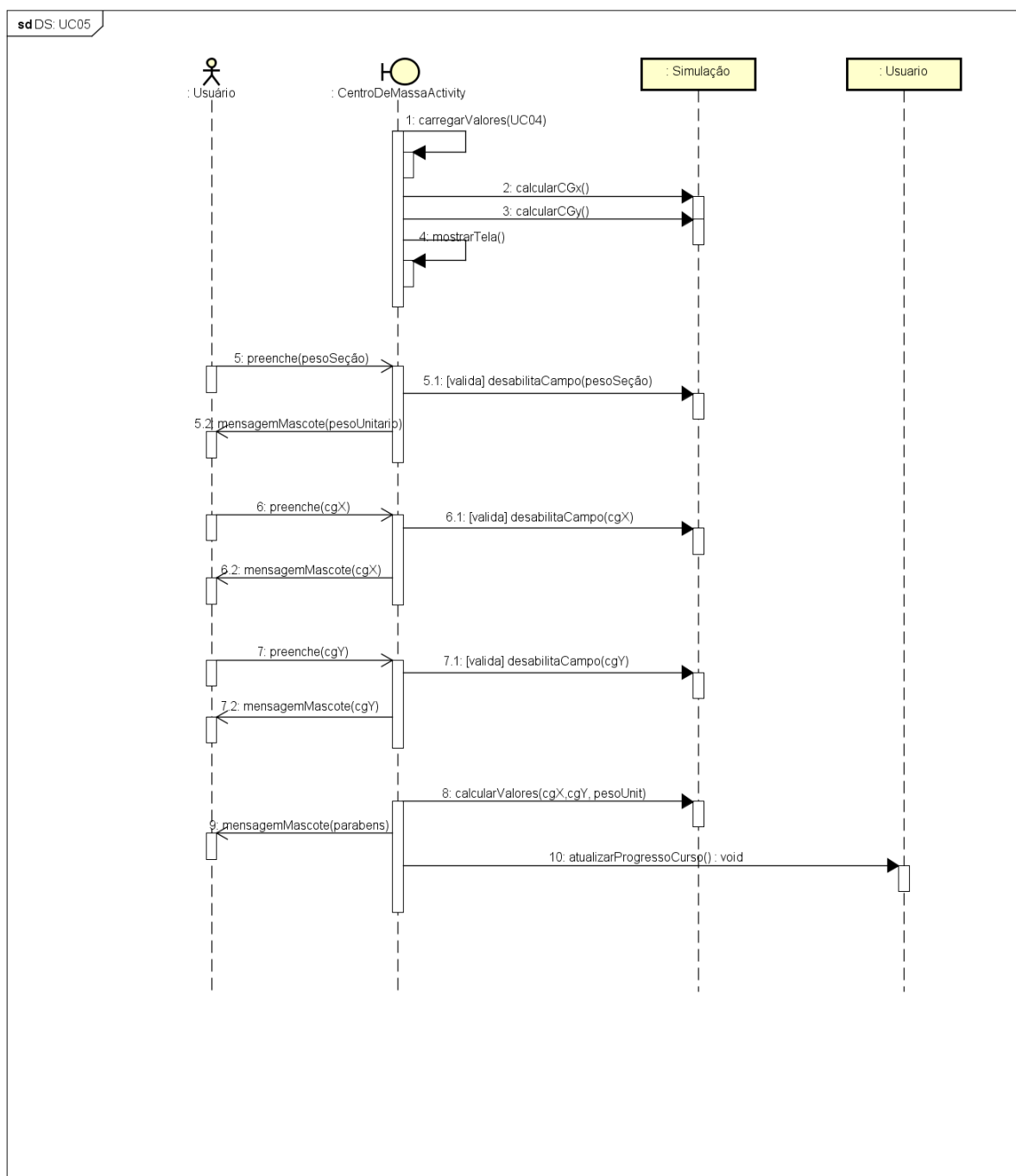




4.7.UC05: Mostra a tela para cálculo do centro de massa da barragem, quando escolhido este módulo no ModulosFragment (UC02);

- a) CentroDeMassaActivity: apresenta a tela para o cálculo do centro de massa da barragem, conforme seção transversal escolhida na SeçãoActivity (UC04);

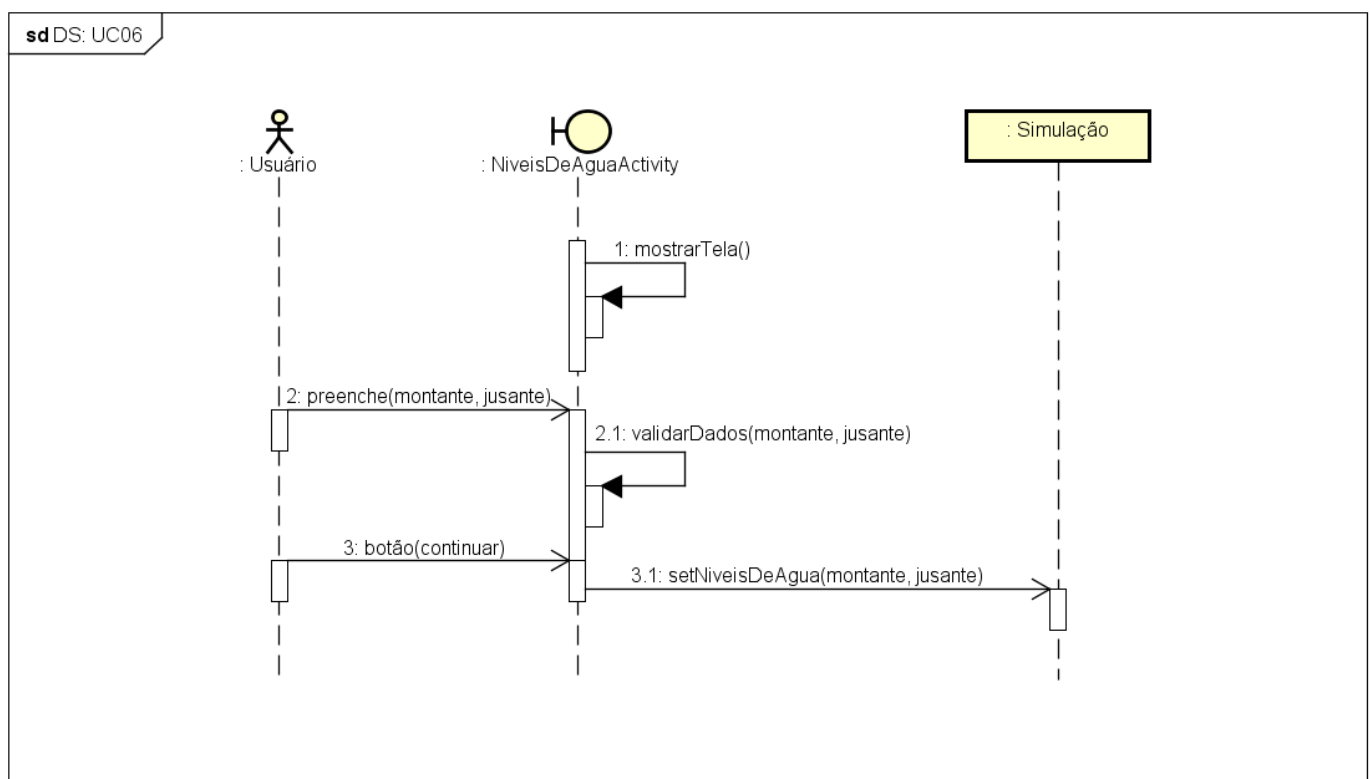
DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC05  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO SIMULAR CENTRO DE MASSA



4.8. UC06: Mostra a tela para preenchimento dos níveis de água da seção, a ser utilizado nos módulos de simulação;

- a) NiveisDeAguaActivity: permite ao usuário configurar os níveis de água a serem adotados nas simulações, utilizando a seção transversal escolhida na SeçãoActivity (UC04);

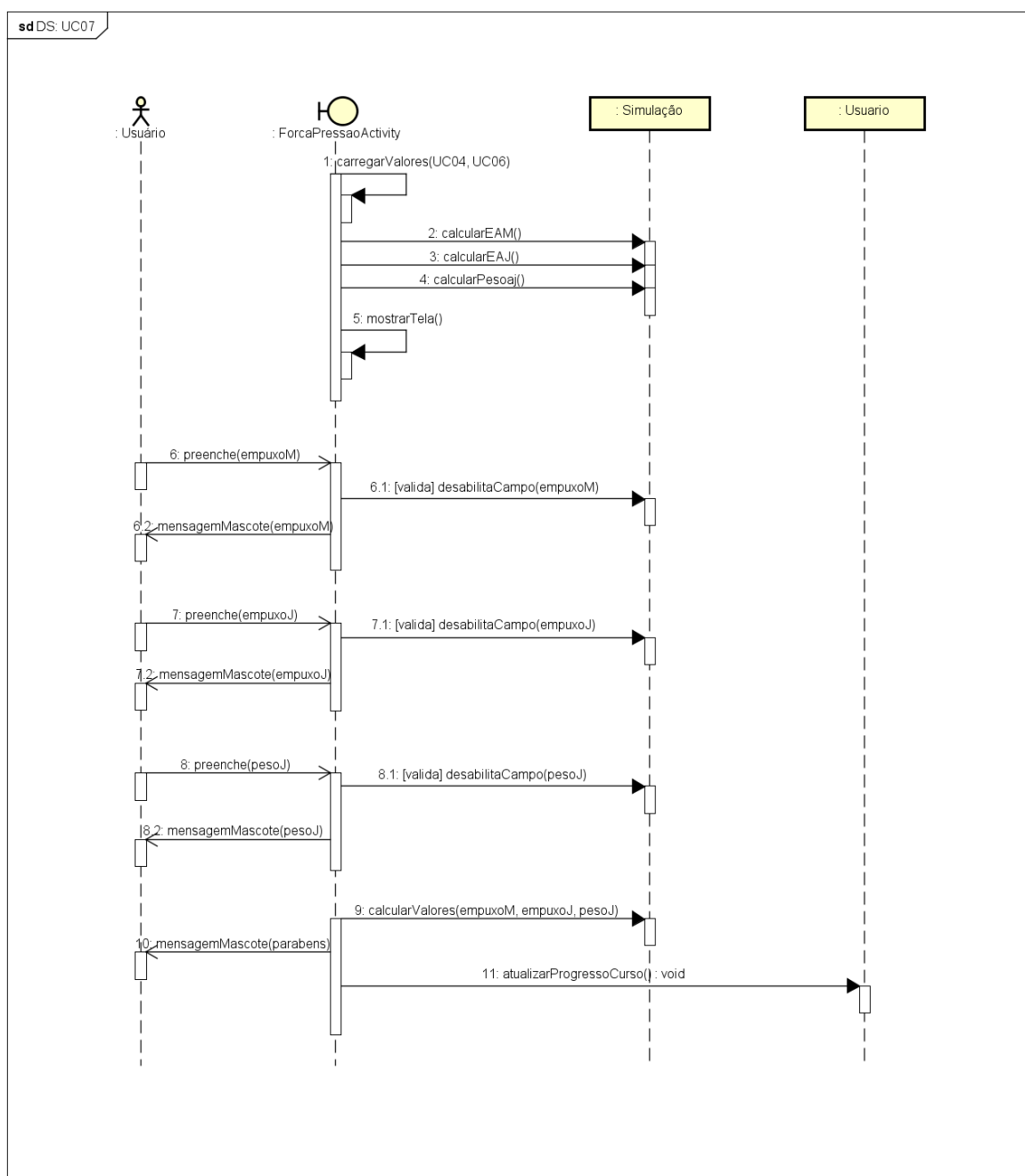
DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC06  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO INFORMAR NÍVEIS DE ÁGUA



#### 4.9.UC07: Mostra a tela para cálculo das forças de pressão na seção transversal da barragem.;

- a) ForcaPressaoActivity: apresenta a tela para o cálculo das forças de pressão, conforme seção transversal escolhida na SeçãoActivity (UC04) e níveis de água configurados na NiveisDeAguaActivity (UC06);

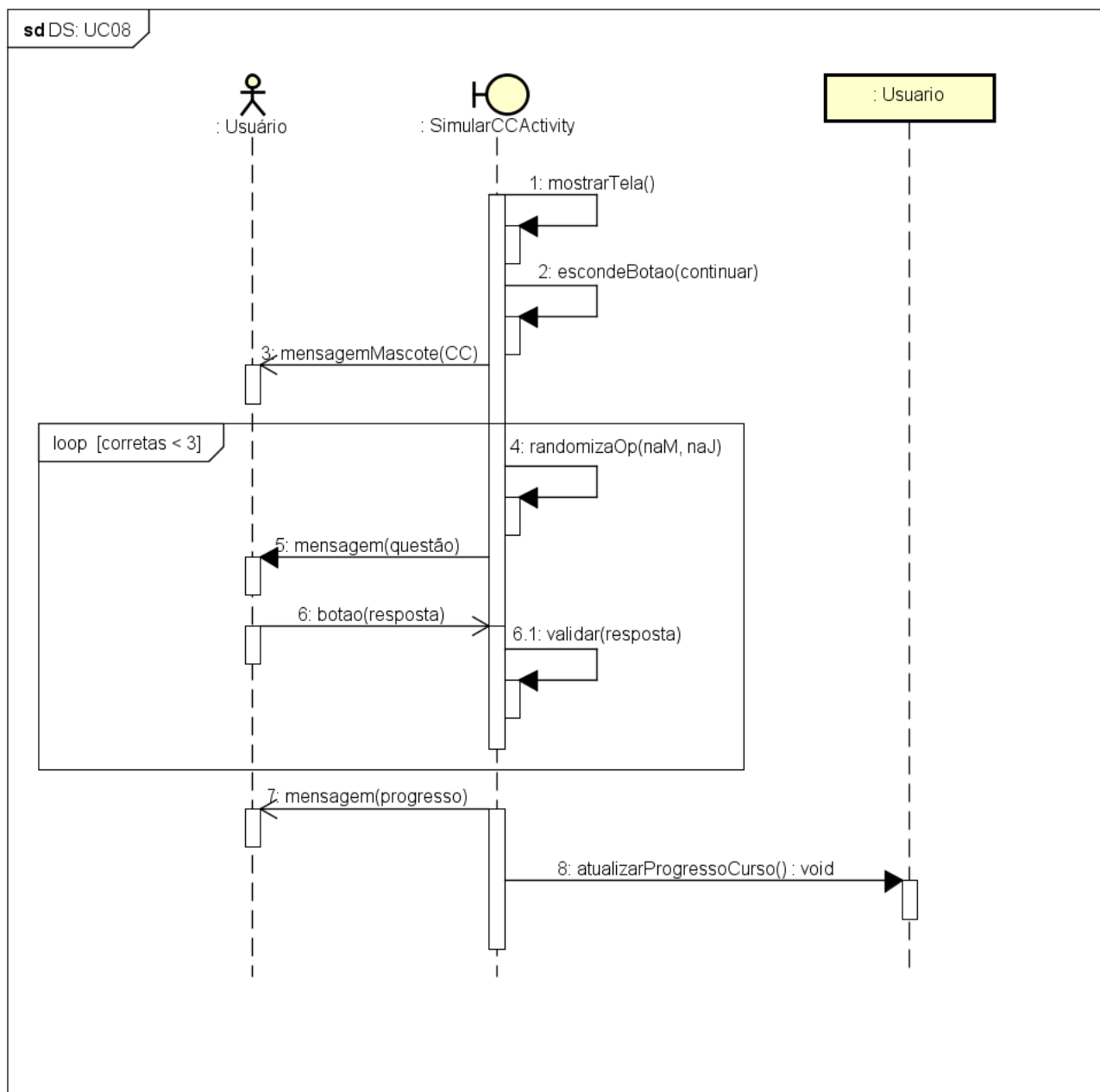
DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC07  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO SIMULAR FORÇAS DE PRESSÃO



4.10. UC08: Mostra a tela para escolha das condições de carregamento a ser utilizada nas simulações;

- a) SimularCCActivity: apresenta questões correspondendo às combinações de casos de carregamento a ser adotado nas simulações;

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC08  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO SIMULAR CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO, QUESTIONÁRIO INICIAL

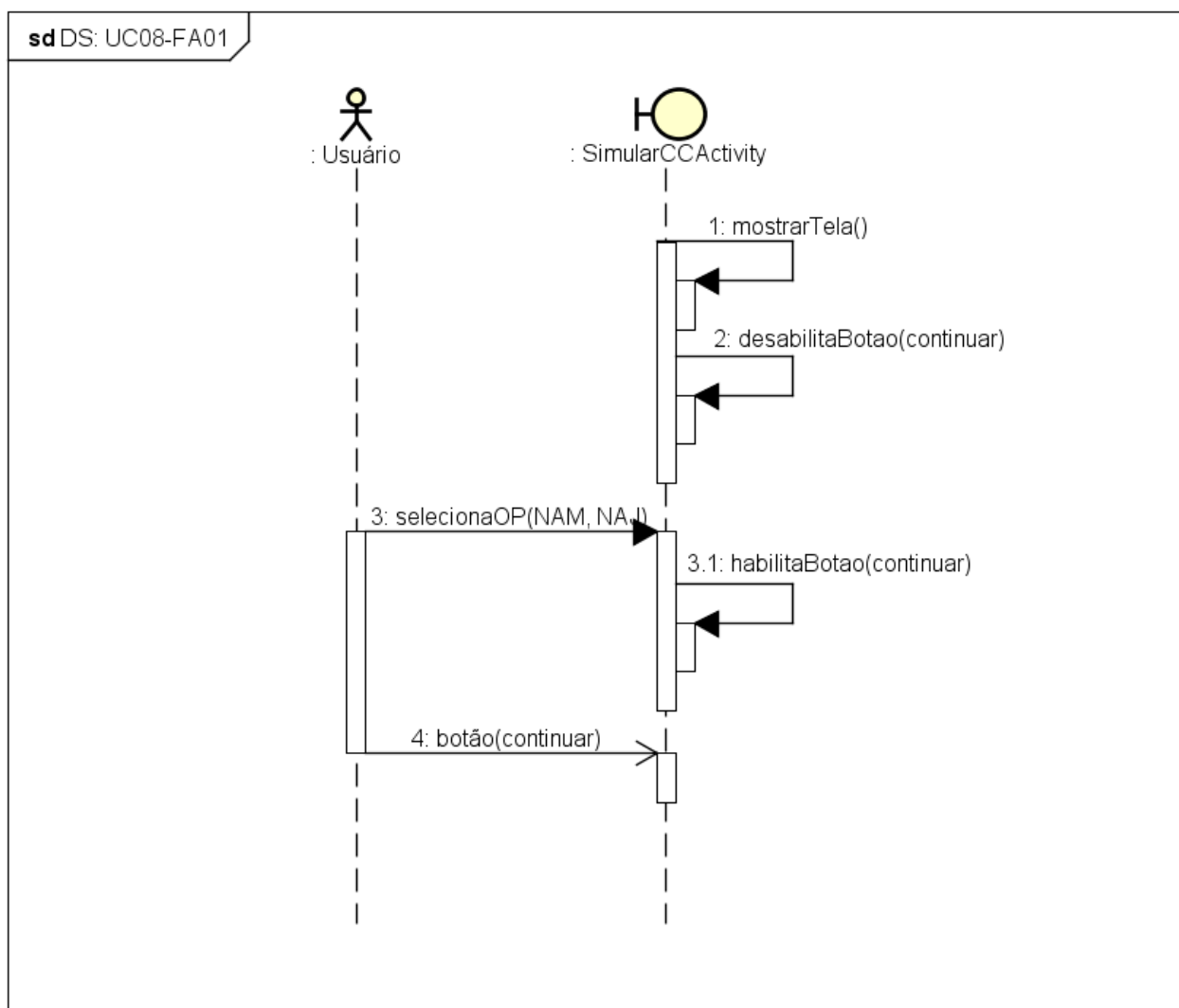


4.11. UC08-FA01: Mostra a tela para escolha das condições de carregamento a ser utilizada nas simulações;

- a) SimularCCActivity: apresenta as opções de casos de carregamento para escolha do usuário, a ser utilizado nas simulações;

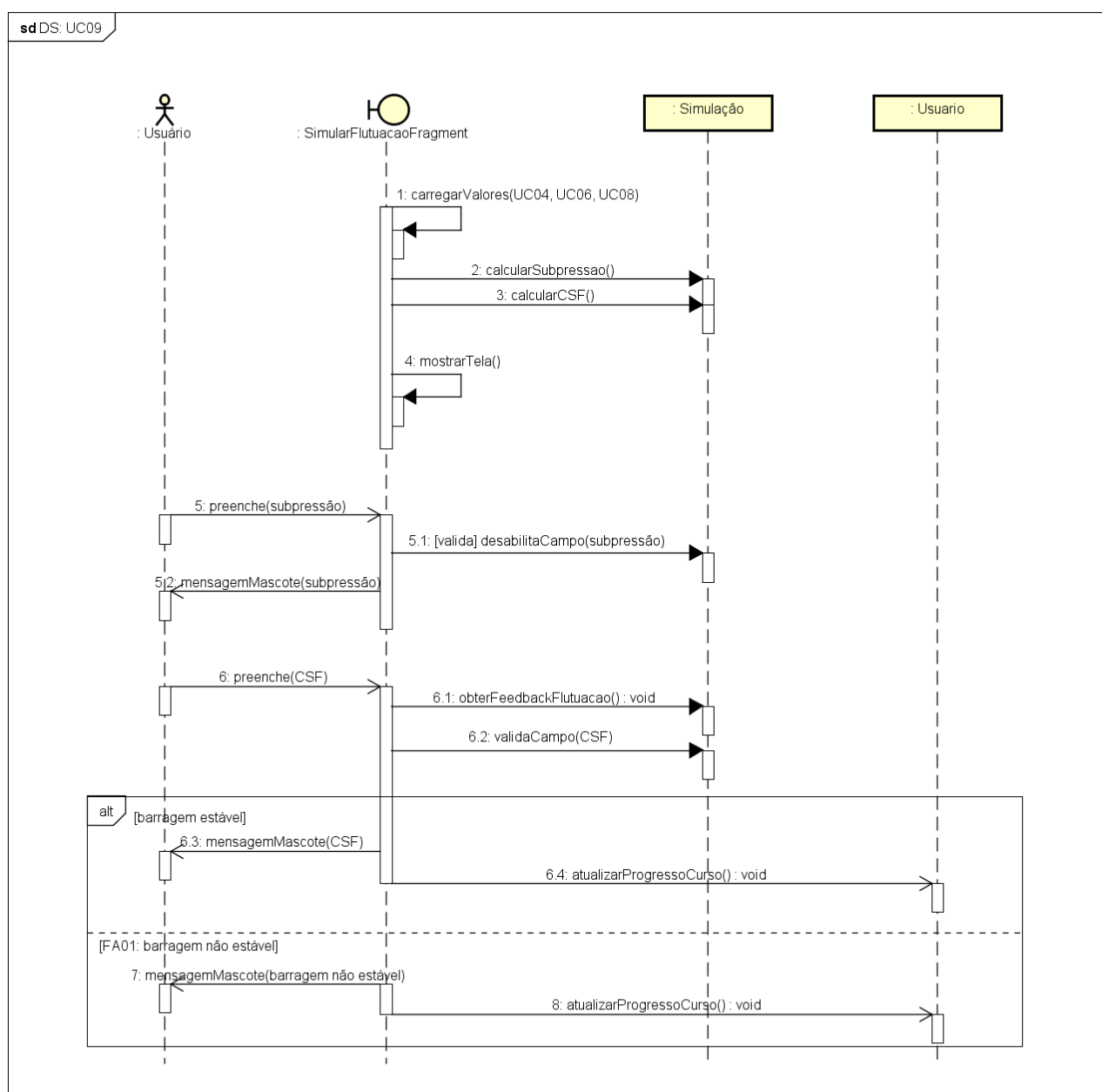
DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC08-FA01

FLUXO ALTERNATIVO: MÓDULO SIMULAR CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO, ESCOLHA DAS CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO



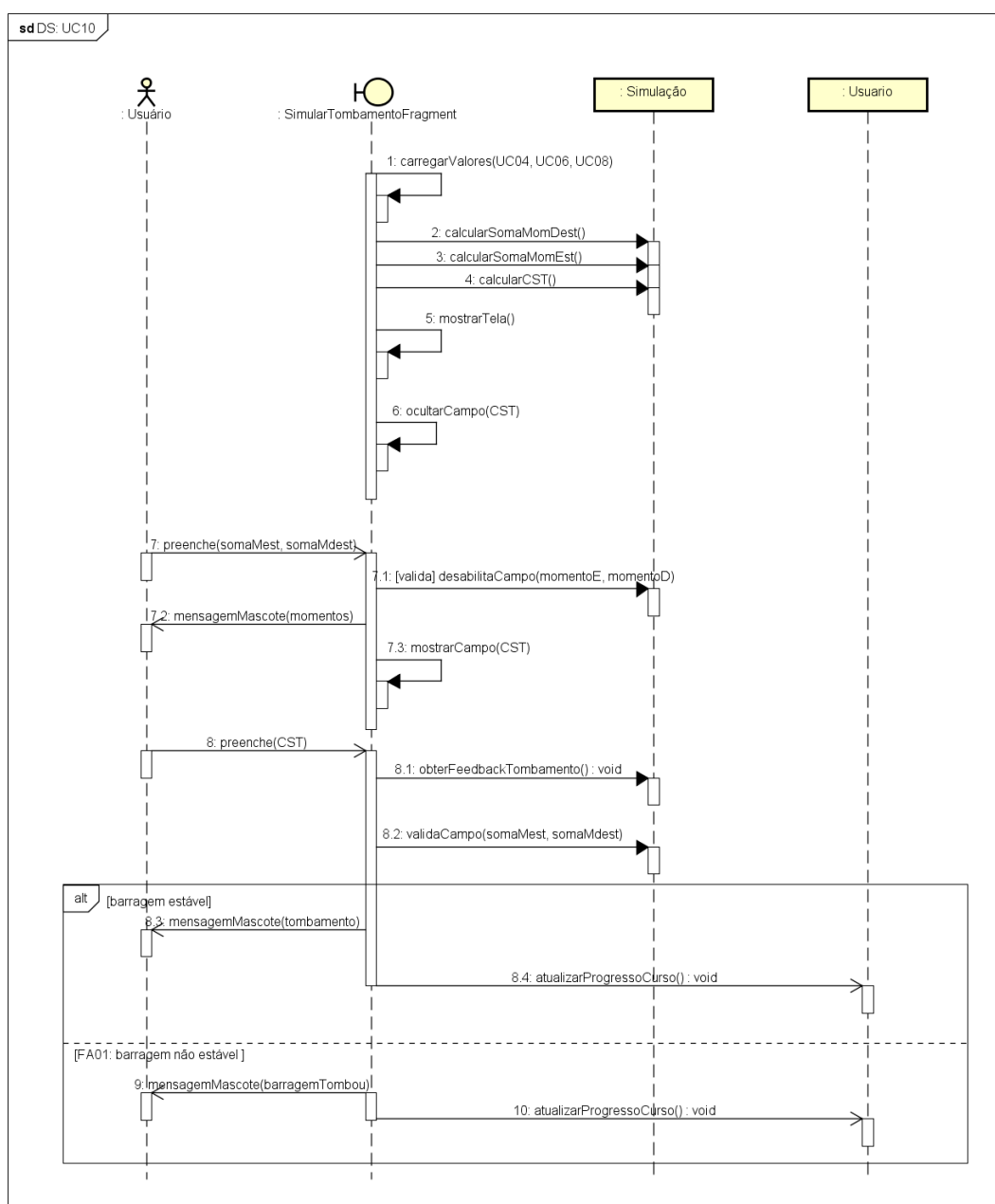
- 4.12. UC09: Mostra a tela para cálculo do módulo Simular Flutuação;
- a) SimularFlutuacaoFragment: apresenta a tela para o cálculo dos parâmetros pertinentes à simulação da flutuação, escolhida no ModulosFragment (UC02), conforme seção transversal escolhida na SeçãoActivity (UC04), níveis de água configurados na NiveisDeAguaActivity (UC06), e casos de carregamento escolhidos na SimularCCActivity (UC08-FA01);

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC09  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO SIMULAR FLUTUAÇÃO



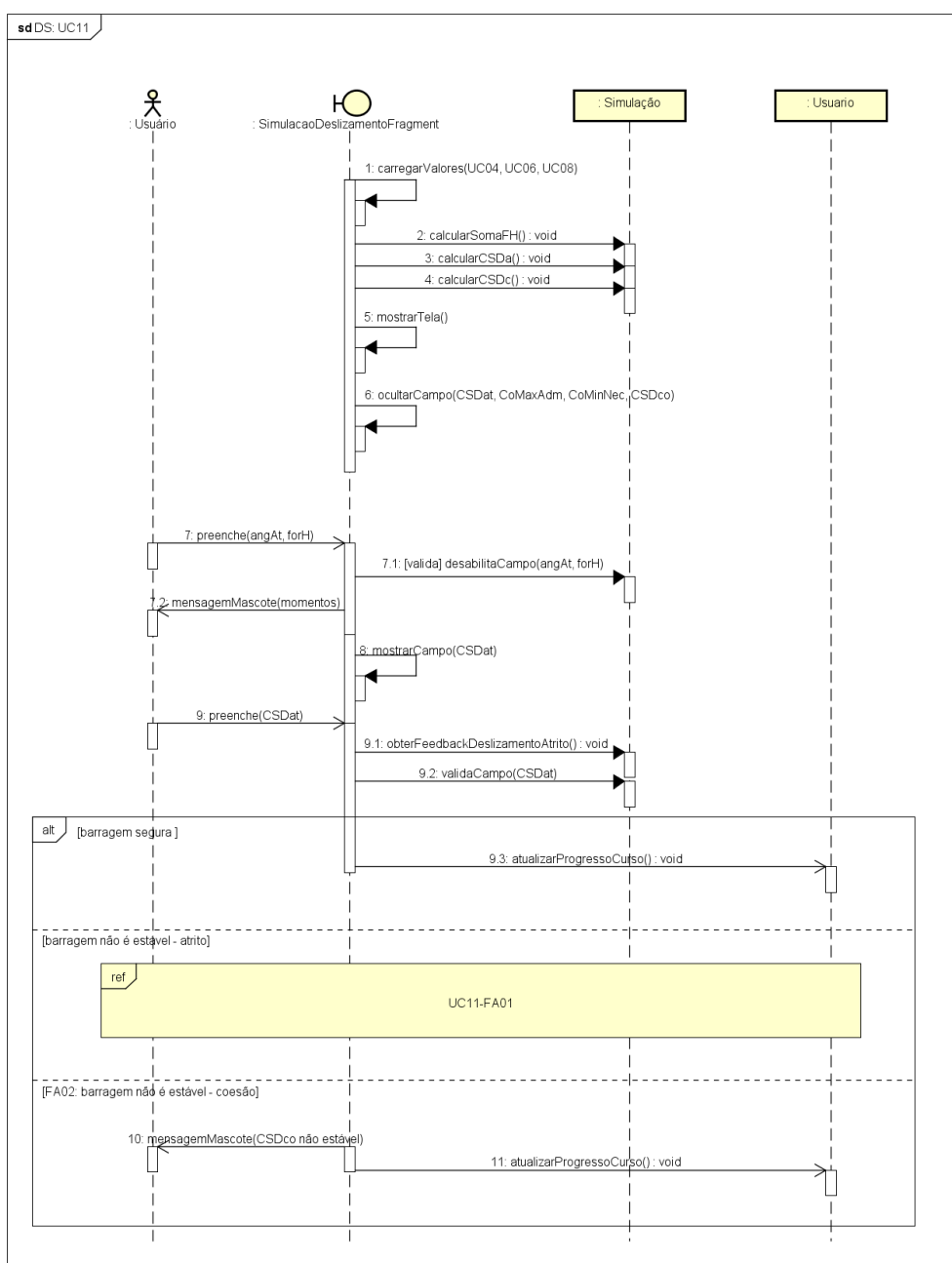
- 4.13. UC10: Mostra a tela para cálculo do módulo Simular Tombamento;
- a) SimularTombamentoFragment: apresenta a tela para o cálculo dos parâmetros pertinentes à simulação do tombamento, escolhida no ModulosFragment (UC02), conforme seção transversal escolhida na SeçãoActivity (UC04), níveis de água configurados na NiveisDeAguaActivity (UC06), e casos de carregamento escolhidos na SimularCCActivity (UC08-FA01);

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC10  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO SIMULAR TOMBAMENTO



- 4.14. UC11: Mostra a tela para cálculo do módulo Simular Deslizamento;
- a) SimularDeslizamentoFragment: apresenta a tela para o cálculo dos parâmetros pertinentes à simulação do deslizamento, escolhida no ModulosFragment (UC02), conforme seção transversal escolhida na SeçãoActivity (UC04), níveis de água configurados na NiveisDeAguaActivity (UC06), e casos de carregamento escolhidos na SimularCCActivity (UC08-FA01);

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC11  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO SIMULAR DESLIZAMENTO

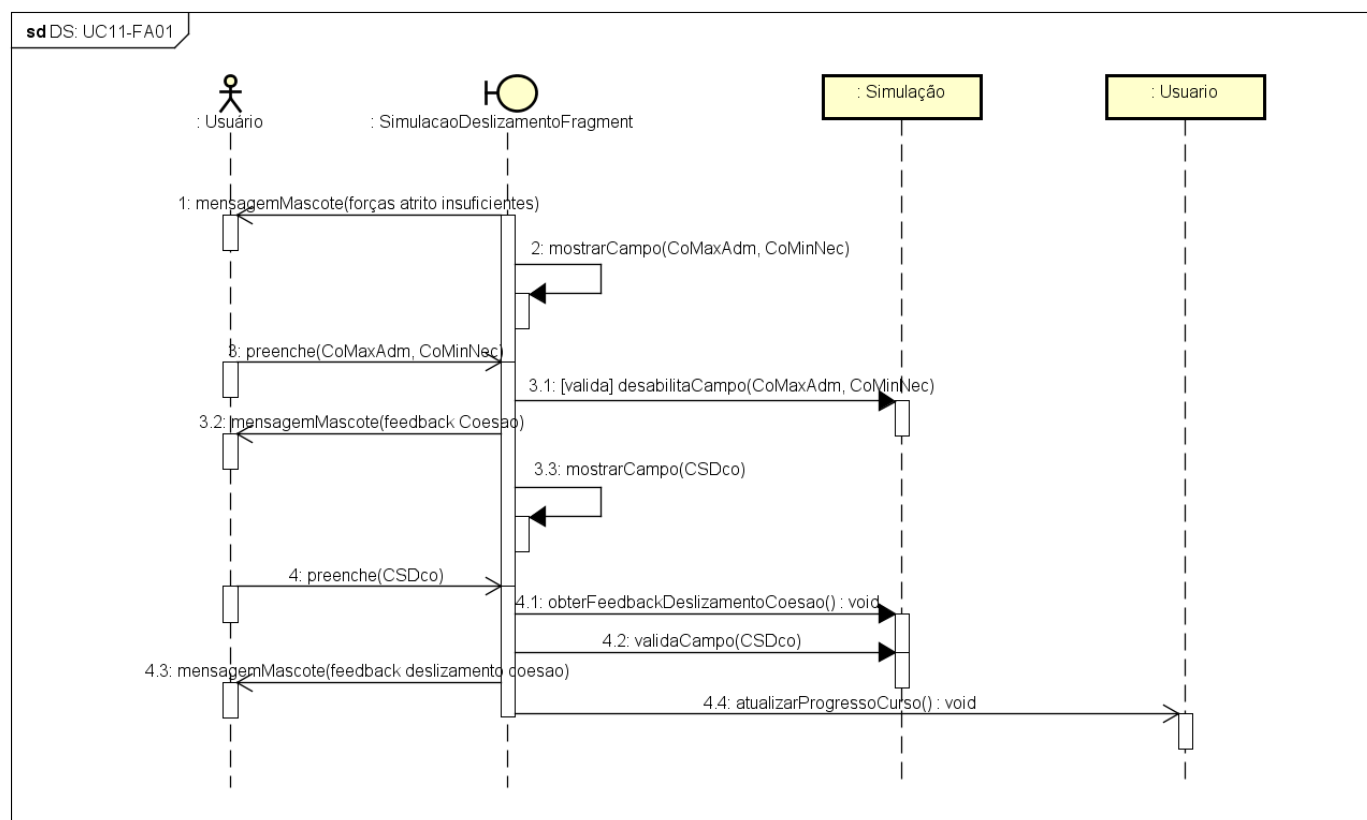




4.15. UC11-FA01: Conforme diagrama anterior (UC11), no caso em que a barragem não é estável utilizando somente o atrito;

- a) SimularDeslizamentoFragment: conforme diagrama anterior (UC11), porém agora utilizando o parâmetro coesão para validação;

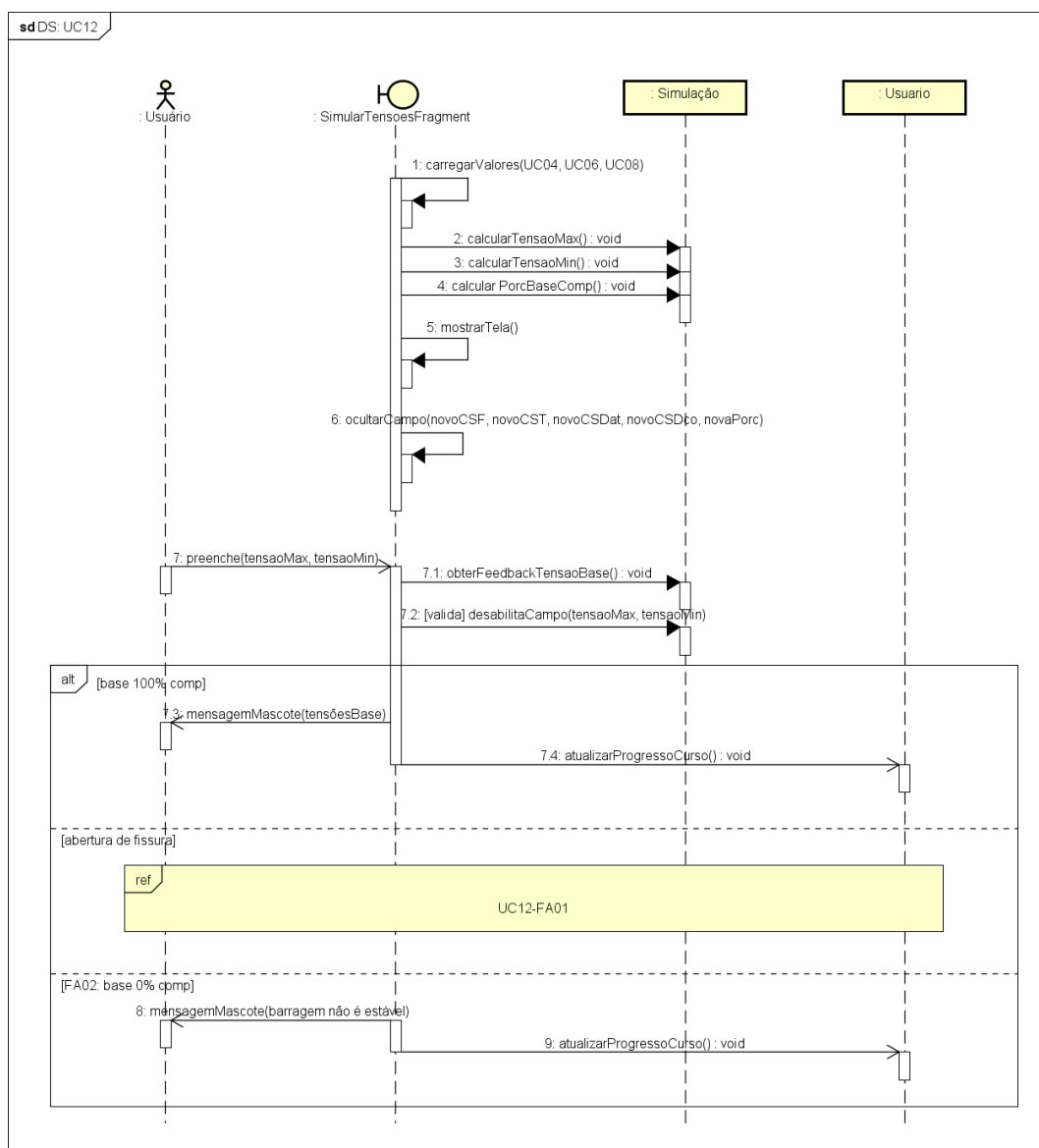
DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC11-FA01  
FLUXO ALTERNATIVO: MÓDULO SIMULAR DESLIZAMENTO, ADOTANDO COESÃO



4.16. UC12: Mostra a tela para cálculo do módulo Simular Tensões na Base;

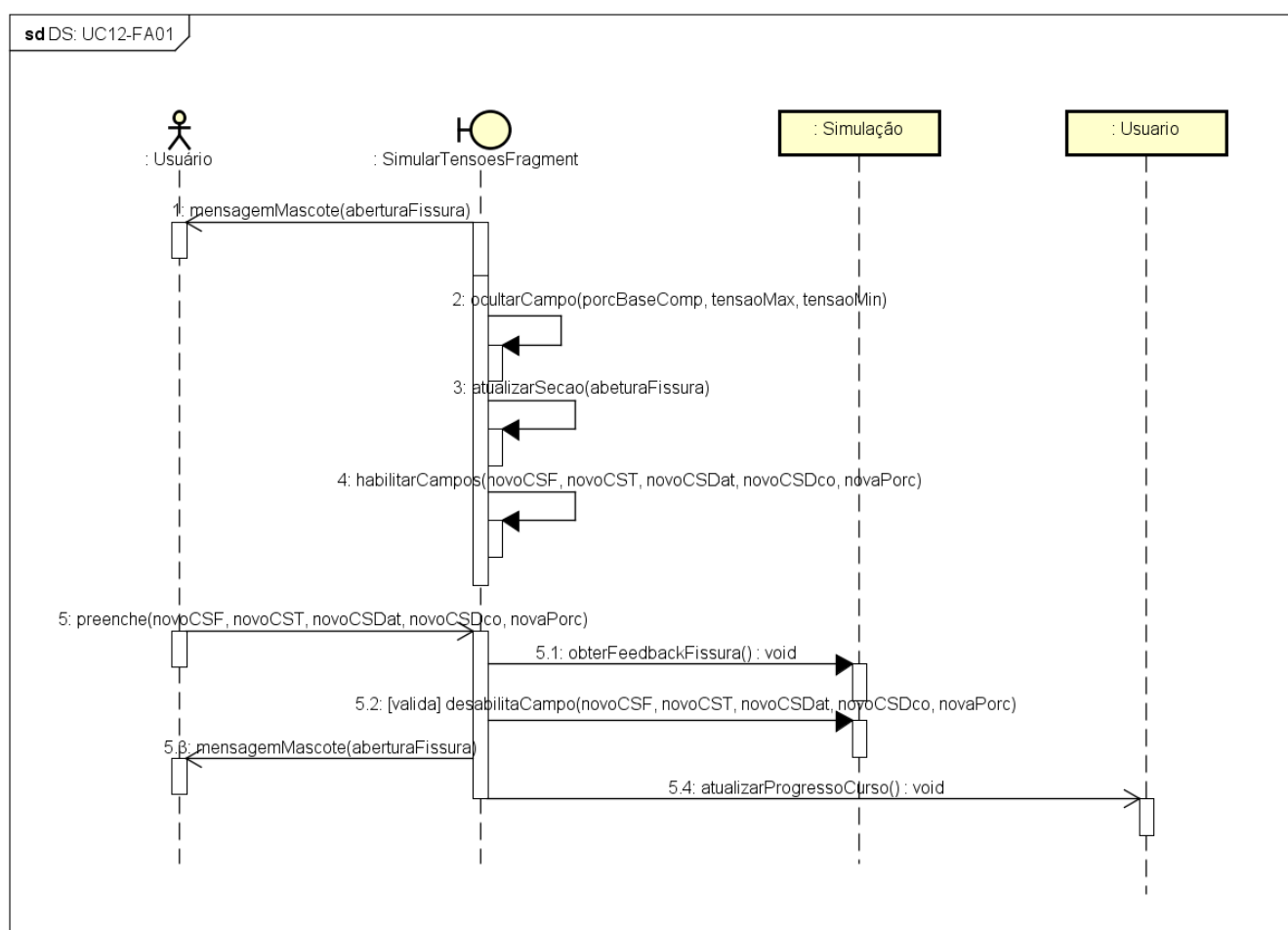
- a) SimularTensoesFragment: apresenta a tela para o cálculo dos parâmetros pertinentes à simulação das tensões na base, escolhida no ModulosFragment (UC02), conforme seção transversal escolhida na SeçãoActivity (UC04), níveis de água configurados na NiveisDeAguaActivity (UC06), e casos de carregamento escolhidos na SimularCCActivity (UC08-FA01);

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC12  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO SIMULAR TENSÕES NA BASE



- 4.17. UC12-FA01: Conforme diagrama anterior (UC12), no caso em que é necessário calcular também a abertura de fissura na barragem;
- a) SimularTensoesFragment: conforme diagrama anterior (UC12), porém agora utilizando o cálculo de abertura de fissura;

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC12-FA01  
FLUXO PRINCIPAL: MÓDULO SIMULAR TENSÕES NA BASE COM ABERTURA DE FISSURA

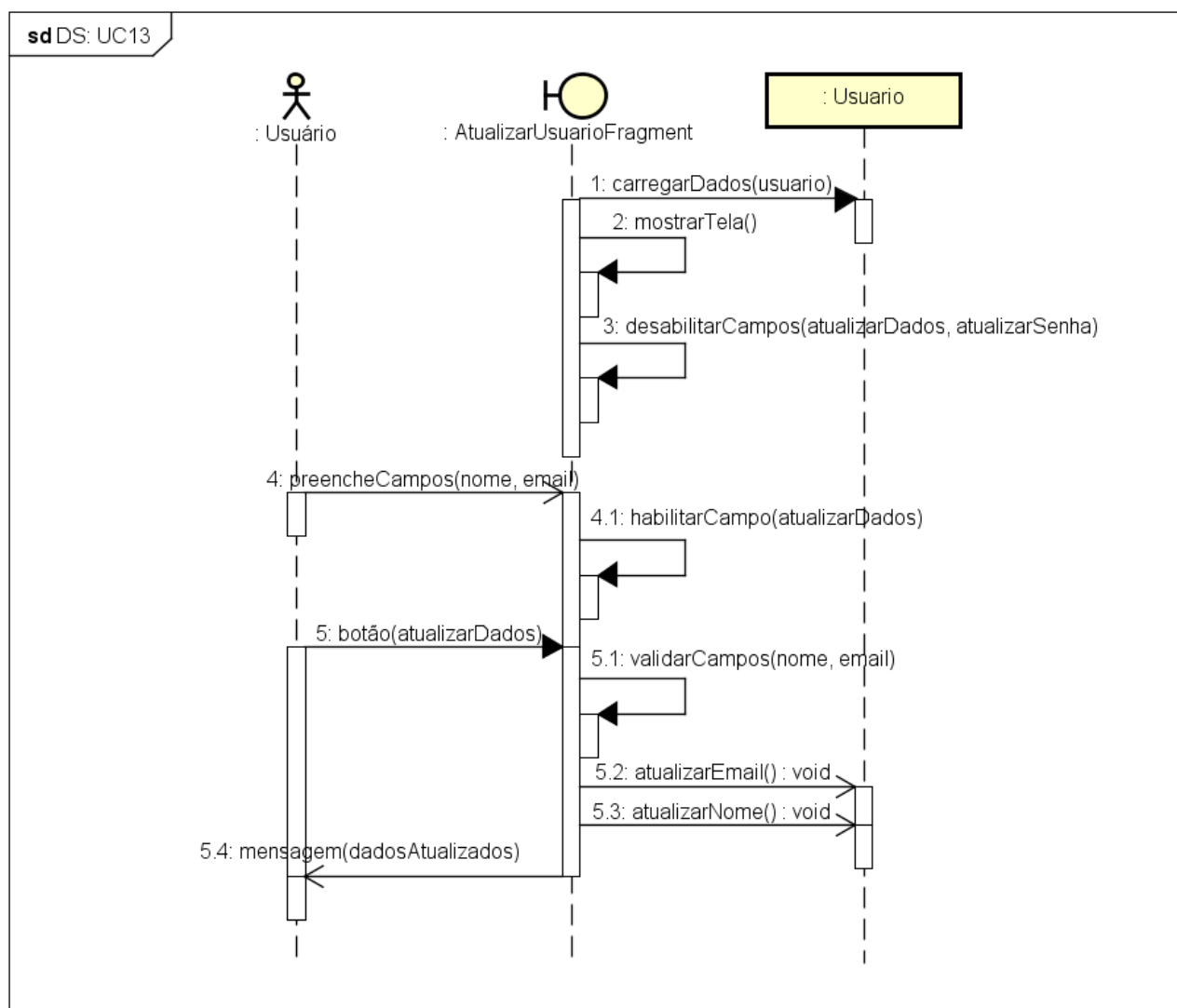


4.18. UC13: Mostra a tela para alteração e atualização das informações de usuário;

- a) AtualizarUsuarioFragment: apresenta os dados do usuário para que possam ser alterados e atualizados, acessado na MainActivity (UC02), mostrando no caso a alteração do nome de usuário e e-mail;

#### DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC13

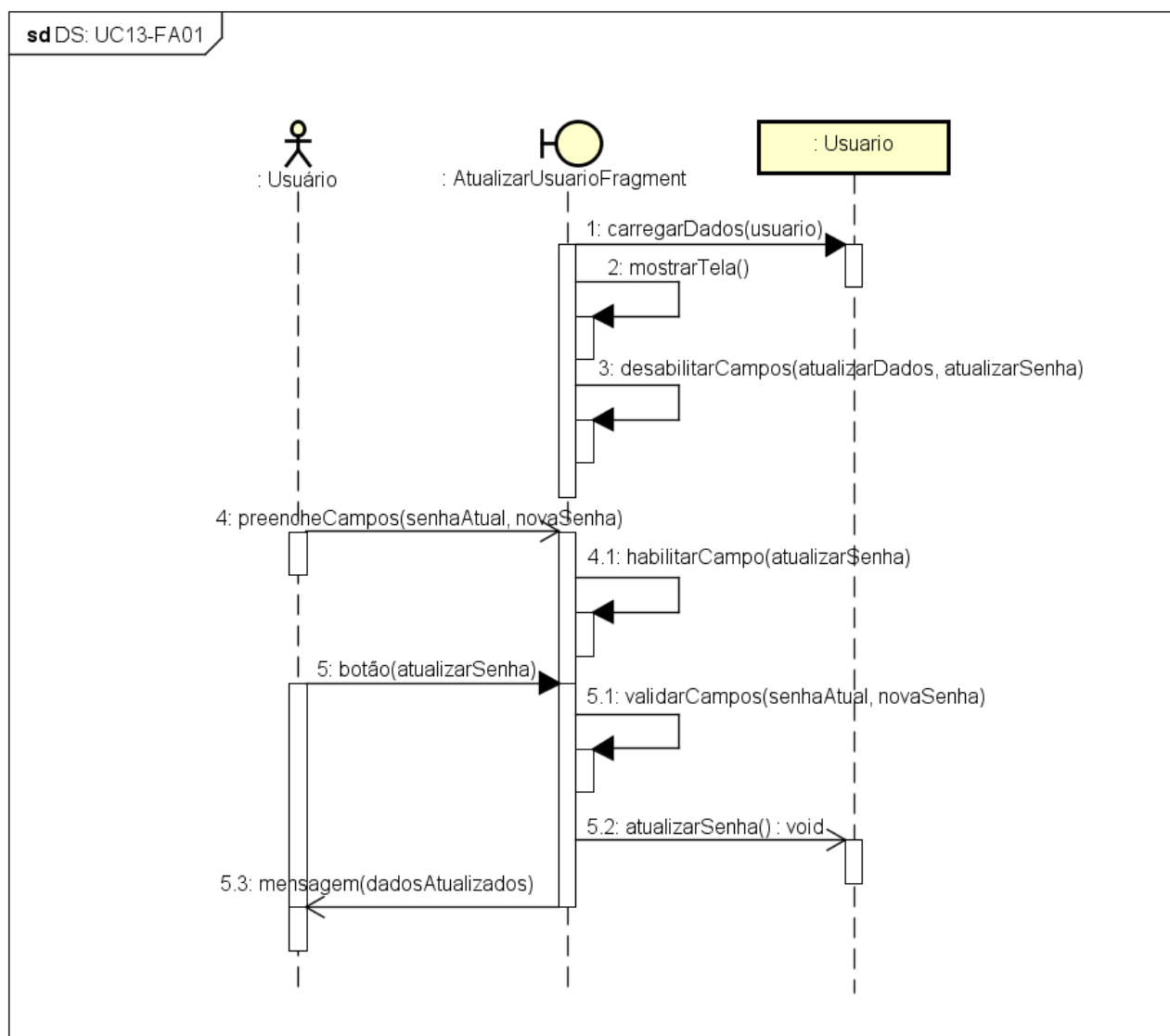
FLUXO PRINCIPAL: ATUALIZAR DADOS DO USUÁRIO (NOME, EMAIL)



4.19. UC13-FA01: Conforme diagrama anterior (UC13), porém com a alteração somente da senha;

- a) SimularTensoesFragment: conforme diagrama anterior (UC13), porém agora mostrando no caso a alteração da senha;

DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA - UC13-FA01  
FLUXO ALTERNATIVO: ATUALIZAR DADOS DO USUÁRIO (SENHA)



## APÊNDICE 7 – MANUAL DE INSTALAÇÃO E ACESSO AO CÓDIGO

1. Este primeiro passo dependerá da versão do seu dispositivo Android:
  - a. Android 7.0 (Nougat) ou anterior: acesse Configurar -> Tela de Bloqueio e Segurança -> ative a opção “Fontes Desconhecidas” e toque em “Ok” para confirmar;
  - b. Android 8.0 (Oreo) ou posterior: acesse Configurar -> Apps e notificações -> Avançado -> Acesso especial a apps -> Instalar apps desconhecidos -> Drive -> Marcar a opção "Permitir desta fonte";
2. Abra o arquivo de instalação (.apk) a partir de seu dispositivo Android acessando o link:  
*[https://drive.google.com/file/d/1O5CT\\_VC4fIN6q\\_BjoQR16pkfXR-iN\\_NF/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1O5CT_VC4fIN6q_BjoQR16pkfXR-iN_NF/view?usp=sharing)*
3. Opcional: para acessar o código-fonte contate o e-mail [bruno.colodel@ufpr.br](mailto:bruno.colodel@ufpr.br) informando seu nome de usuário do GitHub. Após autorização, utilize o comando abaixo para obter uma cópia do projeto.  
*`git clone https://github.com/BrunoColodel/Dams.git`*

## ANEXO 1 – DIRETRIZES DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE EDUCATIVO PELA VISÃO DO PROFESSOR

### DIRETRIZES DE AVALIAÇÃO DE SWE (ASPECTOS PEDAGÓGICOS)

PERSPECTIVA EPISTEMOLÓGICA	Abordagem Comportamentalista	1.1	Apresenta informações em seções breves?
		1.2	Testa o aluno após cada seção?
		1.3	Fornece recompensa para respostas corretas?
		1.4	Só permite seguir para outro nível se obtiver resposta esperada do aprendiz?
		1.5	Propõe questões que incentivam a memorização?
		1.6	Obriga o aluno, no caso de erros, a retornar ao ponto anterior?
	Abordagem Construtivista	1.7	Propõe situações-problema que envolvam a formulação de hipóteses, a investigação e/ou a comparação?
		1.8	Apresenta recursos (como exercícios, alternativas de navegação) que favorecem a capacidade de elaboração a partir da ação e reflexão?
		1.9	Apresenta diferentes caminhos para solucionar um determinado problema?
		1.10	Possibilita o registro e a consulta às ações desenvolvidas, permitindo que o aluno reveja e retome seu processo de construção do conhecimento?
		1.11	Instiga a procura de outras informações em diferentes fontes de pesquisa?
	Abordagem Sociointeracionista	1.12	Promove debate sobre os tópicos trabalhados com outros alunos, ou com o próprio professor?
		1.13	Dispõe de ferramentas de comunicação que permitam a interação entre os estudantes, fomentando a formação de grupo?
ADAPTAÇÃO	Atenção aos estilos de aprendizagem	1.14	Provê alternativas de apresentação das informações que se adaptam a alunos com diferentes estilos de aprendizagem?
	Adequação da forma de a apresentação dos conteúdos	1.15	Apresenta os conteúdos de maneira apropriada, podendo adequar sua utilização ao nível de conhecimento de cada aprendiz?
		1.16	Propõe desafios sem gerar ansiedade?

FONTE: RAETEGUI, BOFF e FINCO, 2010

## DIRETRIZES DE AVALIAÇÃO DE SWE (ASPECTOS TÉCNICOS)

REQUISITOS	Robustez	2.1	É isento de erros?
		2.2	No caso de problemas inesperados, o objeto continua sua execução, permitindo ao usuário completar sua tarefa?
		2.3	O uso intensivo da aplicação, principalmente num contexto em rede com muitos usuários, mantém seu desempenho?
	Portabilidade	2.4	O objeto de aprendizagem pode ser utilizado em computadores com configurações diversas, das mais simples até as mais sofisticadas?
		2.5	O objeto pode ser utilizado em computadores com diferentes sistemas operacionais (ex. Linux, Windows, MacOS)?
INTERFACE	Emprego de Imagens	2.6	As imagens são empregadas para ilustrar conceitos e explicações ao invés de apenas decorar as páginas?
		2.7	O número de imagens apresentados em cada página é adequado, considerando-se que a presença excessiva de imagens pode gerar sobrecarga cognitiva - terminando por prejudicar os processos de aprendizagem?
	Apresentação de informações	2.8	Há contraste suficiente entre fontes e fundo de tela, facilitando a leitura dos textos?
		2.9	As fontes utilizadas apresentam tamanho adequado, ou permitem que sejam aumentadas/diminuídas de acordo com a necessidade de cada usuário?
		2.10	Textos longos são alinhados à esquerda (ao invés de centralizados ou alinhados à direita)?
		2.11	Há consistência visual na apresentação de informações (títulos, formatação/ disposição dos textos e recursos gráficos)?
	Orientação e navegação	2.12	A todo o momento é possível saber em que ponto nos encontramos no objeto de aprendizagem, através de seus rótulos e títulos?
		2.13	Os links para acessar outras páginas e funções do objeto de aprendizagem são facilmente reconhecíveis, através do uso de convenções universais (ex. links sublinhados ou em negrito, botões facilmente identificáveis)?
		2.14	Os ícones que dão acesso a outras páginas e funções do objeto são facilmente compreensíveis?



	Interatividade	2.15	Os recursos interativos empregados vão além da seleção links e botões para avançar ou recuar na apresentação dos conteúdos?
		2.16	Os recursos interativos exploram a possibilidade do usuário alterar configurações do sistema de modo a obter respostas diferentes de acordo com suas ações?
	Estética	2.17	O objeto de aprendizagem emprega recursos gráficos que melhoram o aspecto estético da interface, tornando mais aprazível?
	Afetividade	2.18	Existem componentes na interface do objeto de aprendizagem que explorem a expressão de estados afetivos, por exemplo através de personagens estáticos ou animados?

FONTE: RAETEGUI, BOFF e FINCO, 2010

## ANEXO 2 – DIRETRIZES DE AVALIAÇÃO DE SOFTWARE EDUCATIVO PELA VISÃO DO ANALISTA

### RELAÇÃO ENTRE RESPOSTAS E ATRIBUTOS

Tipo de Análise	Respostas		
	Não	Às vezes	Sim
Apresentação e Funcionalidades	0	1	2
Confiabilidade	0	1	2
Eficiência	0	1	2
Manutenibilidade	0	1	2
Portabilidade	0	1	2
Usabilidade	0	1	2
Conteúdo	0	3	5

FONTE: OLIVEIRA, 2001

### ANÁLISE QUANTO À APRESENTAÇÃO E FUNCIONALIDADES

CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE <b>Apresentação e funcionalidades do produto</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
O manual é adequado e claro quanto ao conteúdo?			
Apresenta as exigências de hardware?			
É de fácil instalação?			
Está de acordo com as finalidades e objetivos propostos?			
É mais eficaz do que outra metodologia para atingir os objetivos a que se propõe?			
Interage com os sistemas especificados?			
Suas funções são apropriadas para as tarefas especificadas?			
Gera resultados ou efeitos corretos de acordo com a especificação?			
Evita acesso não autorizado, acidental ou deliberado, a programas e dados?			
O software declara a sua corrente pedagógica?			
O software apresenta qual a faixa etária do seu público-alvo?			
Subtotal (máximo = 22 pontos)			

FONTE: OLIVEIRA, 2001

### ANÁLISE QUANTO À CONFIABILIDADE

CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE <b>Confiabilidade</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
Há ausência de falhas?			
Mantém o nível de desempenho na ocorrência de falhas?			
Recupera os dados quando ocorrem falhas?			
Subtotal (máximo = 6 pontos)			

FONTE: OLIVEIRA, 2001

## ANÁLISE QUANTO À EFICIÊNCIA

CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE <b>Eficiência</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
O tempo de resposta ao comando das funções é rápido?			
Dispensa outros recursos {impressora, discos flexíveis} para ser usado?			
Subtotal (máximo = 4 pontos)			

FONTE: OLIVEIRA, 2001

## ANÁLISE QUANTO À MANUTENIBILIDADE

CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE <b>Manutenibilidade</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
É fácil perceber quando houve uma falha?			
É fácil modificar, remover defeitos ou adaptá-lo a mudanças de ambientes?			
Permite a aplicação de alguma modificação sem que ocorram efeitos inesperados?			
É fácil o teste quando se faz alguma modificação?			
Subtotal (máximo = 8 pontos)			

FONTE: OLIVEIRA, 2001

## ANÁLISE QUANTO À PORTABILIDADE

CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE <b>Portabilidade</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
É fácil adaptar a outros ambientes especificados?			
É fácil instalar em outros ambientes?			
É fácil substituir um outro software dentro do ambiente do mesmo?			
Subtotal (máximo = 6 pontos)			

FONTE: OLIVEIRA, 2001

## ANÁLISE QUANTO À USABILIDADE

CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE <b>Usabilidade</b>	ATRIBUTOS		
	0	1	2
O programa proporciona facilidade no entendimento do conceito e aplicação?			
É fácil a sua aplicação?			
É fácil o controle e a operação?			
Permite a realização de diferentes observações incorporadas ao objeto?			
As diferentes observações incorporadas ao objeto são imediatas?			
Permite desenvolver e testar hipóteses?			
Permite a análise de resultados depurando os conceitos?			
Permite o uso simultâneo por grupos de alunos?			
Subtotal (máximo = 16 pontos)			

FONTE: OLIVEIRA, 2001

## ANÁLISE QUANTO AO CONTEÚDO

CARACTERÍSTICAS DO SOFTWARE Conteúdo do Software Relacionado a Disciplina	ATRIBUTOS		
	0	3	5
Transmite conceitos adequados?			
O software utiliza adequadamente a linha pedagógica proposta?			
Tem uma variedade de níveis de dificuldade?			
Os alunos podem chegar a determinados pontos sem seguir uma sequência obrigatória?			
Estão previstas apresentações adicionais se necessárias?			
As instruções são claras e lógicas?			
O software utiliza bem o gráfico?			
O software utiliza bem o som?			
O software utiliza bem a cor?			
Permite manipular vários dados com a utilização de um eventual banco de dados possivelmente modificáveis?			
Apresenta exercícios de níveis diferentes, relacionados com o conteúdo estudado?			
Utiliza a correção da ortografia e gramática?			
De acordo com o conteúdo, o software utiliza alguma simulação?			
Permite a interação de diferentes observações incorporadas ao objeto?			
Ajusta-se aos objetivos curriculares?			
Faz questionamentos ao usuário relacionados às respostas dadas durante a sua utilização?			
Apresenta a avaliação final com os resultados obtidos pelo usuário?			
A avaliação é compatível com a corrente pedagógica?			
Apresenta “feedback”?			
A linguagem está adequada para a faixa etária a que se propõe?			
O material visual (figuras, gráficos, simulações) está adequado à faixa etária?			
Apresenta links que permitam ao usuário buscar mais informações sobre o assunto?			
Os conteúdos são trabalhados de forma interdisciplinar?			
De acordo com os resultados obtidos, o programa apresenta quais os assuntos a serem revisados?			
É interativo?			
Subtotal (máximo = 125 pontos)			

FONTE: OLIVEIRA, 2001

## AVALIAÇÃO FINAL

AVALIAÇÃO FINAL	
Pontuação	Classificação
De 00 a 75	Insatisfatório
De 75 a 115	Regular
De 115 a 150	Bom
De 150 a 187	Excelente

FONTE: OLIVEIRA, 2001